

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ À

L' UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN SCIENCE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR

GILLES CROTEAU

ANALYSE BIOMÉCANIQUE DES POSITIONS SEGMENTAIRES  
DANS UN MOUVEMENT DE COUTURE EN FONCTION DE L'INCLINAISON  
DU PLAN DE TRAVAIL ET DES PHASES DU MOUVEMENT DE LA COUTURE

SEPTEMBRE 1995

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

## RÉSUMÉ

Les atteintes musculo-squelettiques et les maux de dos sont fréquents parmi les travailleurs du secteur de l'habillement et du textile. Plusieurs études statistiques le prouvent mais les chercheurs n'y ont pas trouvé la solution miracle. Une reprise économique aidant, on aurait cru voir le travail au rendement diminuer, l'adaptation ergonomique des postes de travail s'implanter mais hélas, la compétitivité de ce secteur d'activité sur le marché international a imposé ses effets. Il nous faut donc chercher d'autres solutions si nous voulons améliorer la situation présente.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer l'adoption de postures et de gestes pernicioeux dans ce secteur d'activité mais, en fait, c'est la conception même du poste de travail qui oblige l'opérateur à adopter ces gestes et postures. Ainsi, afin de réduire la variation angulaire des mouvements que l'opérateur effectue lors de la couture, nous avons reproduit en laboratoire un poste de travail de couture avec une surface de travail pouvant s'incliner de  $0^{\circ}$  à  $6^{\circ}$  ou à  $10^{\circ}$  par rapport à l'horizontale. La longueur des pièces de tissu à coudre était de 30,48 cm; nous avons subdivisé la séquence de couture avec quatre bornes linéaires préalablement identifiées sur la table de travail à l'aide de marqueurs phosphorescents. D'autres marqueurs ont été apposés sur les six sujets afin d'identifier dans les plans sagittal et horizontal les articulations à analyser, soit: (a) la tête; (b) le tronc; (c) l'épaule; (d) le coude; (e) le poignet. La position de

départ de la séquence de couture était standardisée. L'ensemble des mouvements a été enregistré sur vidéo et analysé grâce au système optoélectronique PEAK 5 (Peak Performance Technologies INC).

Pour analyser les différences entre les moyennes des différentes variables obtenues, nous avons utilisé la méthode d'analyse de variance (ANAVAR) selon des plans à mesures répétées, les facteurs de classification étant l'inclinaison des plans de travail et les bornes de phase de la couture.

Les résultats confirment que l'inclinaison des plans de travail à 6° et 10° réduit significativement la flexion du tronc et la flexion du poignet à chacune des bornes de phase de la couture. Pour les autres articulations analysées, la diminution obtenue ne s'est pas avérée significative.

Finalement, cette étude démontre que l'inclinaison du plan de travail favorise la mobilité des segments corporels à l'intérieur des plages normales d'articulation. Si l'on veut réduire l'incidence des atteintes musculo-squelettiques et les maux de dos chez les opérateurs de machine à coudre, l'inclinaison du plan de travail à 6° ou 10° est une solution valable à considérer.

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ .....	ii
LISTE DES TABLEAUX .....	vii
LISTE DES FIGURES .....	viii
REMERCIEMENTS .....	x
CHAPITRES	
I.    INTRODUCTION .....	1
Hypothèse .....	6
II.   REVUE DE LA LITTÉRATURE .....	7
Éléments de biomécanique articulaire .....	7
Squelette .....	7
Articulations .....	8
Muscles .....	9
Résultats d'études .....	13
Problèmes musculo-squelettiques .....	13
Postures .....	15
III.  MÉTHODOLOGIE .....	21
Terminologie .....	21
Sujets .....	21
Équipements .....	22

Table de travail . . . . .	23
Chaise de travail . . . . .	23
Morceaux de tissu . . . . .	25
Mesures . . . . .	25
Plan expérimental . . . . .	29
Procédures . . . . .	29
Paramètres du système de mesure . . . . .	31
IV. RÉSULTATS . . . . .	32
Variables dépendantes . . . . .	32
Moyenne d'angles globale (moy-glo) . . . . .	33
Angle maximum (max-max et moy-max) . . . . .	33
Angle minimum (max-min et moy-min) . . . . .	33
Moyenne d'angles par bornes de phase (moy-borne) . . . . .	33
Déplacement linéaire (dépl-poignet et dépl-doigts) . . . . .	34
Durée de chaque séquence (durée) . . . . .	34
Méthodes d'analyse statistique . . . . .	34
Présentation des résultats . . . . .	35
Tête . . . . .	36
Tronc . . . . .	37
Épaule . . . . .	40

	Coude .....	42
	Coude (hor) .....	44
	Poignet .....	44
	Poignet (hor) .....	45
V.	DISCUSSION .....	47
	Tête .....	47
	Tronc .....	49
	Épaule .....	50
	Coude (plan sagittal) .....	51
	Coude (plan horizontal) .....	52
	Poignet (plan sagittal) .....	52
	Poignet (plan horizontal) .....	53
	Angles minimum et maximum .....	53
VI.	CONCLUSION .....	55
	RÉFÉRENCES .....	57
	ANNEXES	
A.	Étude de temps et mouvements .....	60
B.	Moyenne d'angles globale (degrés) des articulations par sujet et par plan d'inclinaison .....	61
C.	Moyenne pour l'ensemble des variables dépendantes (degrés) par plan d'inclinaison .....	63

## LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Page
1. Permutation de l'inclinaison de la table de travail pour les sujets 1 à 6 . . . . .	29
2. Moyenne ( $\pm$ écart-type) de la durée totale et du déplacement linéaire du poignet et des doigts, par rapport à chaque incli- naison de plan de travail pour l'ensemble des sujets . . . . .	36



## LISTE DES FIGURES

Figures	Page
1 Schéma de montage .....	23
2 Vue horizontale .....	24
3 Vue sagittale à 0° .....	24
4 Vue sagittale à 6° .....	24
5 Vue sagittale à 10° .....	24
6 Position de référence plan sagittal .....	26
7 Position de référence plan horizontal .....	26
8 Position 0,00 cm plan sagittal .....	26
9 Position 0,00 cm plan horizontal .....	26
10 Position 10,16 cm plan sagittal .....	27
11 Position 10,16 cm plan horizontal .....	27
12 Position 20,32 cm plan sagittal .....	27
13 Position 20,32 cm plan horizontal .....	27
14 Position 30,48 cm plan sagittal .....	28
15 Position 30,48 cm plan horizontal .....	28
16 Angle moyen de la tête (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture .....	37
17 Angle moyen (moy-glo) du tronc .....	38
18 Angle (moy-max et max-max) du tronc .....	39

19	Angle minimum (moy-min) du tronc . . . . .	39
20	Angle moyen du tronc (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture . . . . .	40
21	Angle minimum (max-min) de l'épaule . . . . .	41
22	Angle maximum (max-max et moy-max) de l'épaule . . . . .	41
23	Angle moyen de l'épaule (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture . . . . .	42
24	Angle minimum (max-min et moy-min) du coude . . . . .	43
25	Angle moyen du coude (sag) (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture . . . . .	43
26	Angle moyen du coude (hor) (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture . . . . .	44
27	Angle moyen du poignet (sag) (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture . . . . .	45
28	Angle moyen du poignet (hor) (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture . . . . .	46

## **REMERCIEMENTS**

Je tiens à exprimer toute ma gratitude envers mon directeur de recherche, le Dr Jacques Dessureault du département des sciences de l'activité physique de l'Université du Québec à Trois-Rivières, lequel par son enthousiasme, sa disponibilité et son assistance, a su m'orienter avec beaucoup de compétence.

J'adresse également des remerciements à mon codirecteur, le Dr Louis Laurencelle, pour avoir orienté et critiqué de façon constructive mon projet de recherche ainsi que pour l'aide apportée à l'analyse statistique des données.

Je tiens également à remercier messieurs Claude Brouillette et Pierre Black pour l'aide technique et informatique qu'ils ont su m'apporter dans la réalisation de ce projet, et le Dr Yves Girouard pour son avis éclairé concernant le plan de recherche.

Finalement je tiens à remercier ma conjointe et ma famille pour le support et la compréhension qu'elles m'ont accordés durant mes travaux universitaires.

## CHAPITRE I

### Introduction

Au cours de la dernière décennie, l'évolution des connaissances et de la technologie a permis une meilleure compréhension des problèmes physiologiques et musculo-squelettiques de l'homme au travail.

Cependant, beaucoup de travail reste encore à faire puisqu'en fait, à la Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail (CSST), les demandes d'indemnisation pour les maux de dos et les atteintes musculo-squelettiques sont en constante progression, surtout dans certains secteurs industriels tels que les ateliers de couture.

En 1992, ce secteur a déclaré à la CSST, 1903 cas de lésions professionnelles indemnissables (CSST, 1992), incluant 387 cas de maux de dos et 251 cas pour des atteintes musculo-squelettiques (bursites, synovites, tendinites, etc.). Notons également que plusieurs cas ne sont pas déclarés à la CSST parce que diagnostiqués comme arthrite, arthrose, rhumatisme ou parce qu'ils sont tout simplement compensés par l'assurance-salaire de certains employés.

Si les décès et les accidents graves sont fort heureusement peu nombreux voire inexistants dans les ateliers de couture, les maux de dos et les atteintes musculo-squelettiques, quant à eux, méritent qu'un effort de prévention soit fait.

Il est également réjouissant de constater qu'il existe dans la littérature

scientifique des études biomécaniques touchant des "populations en général" et qui peuvent nous renseigner sur les causes potentielles des maux de dos et sur les atteintes musculo-squelettiques. D'autres chercheurs ont principalement orienté leur recherche sur la relation entre diverses postures ou vers divers ajustements de plan de travail. Finalement on retrouve, mais en nombre plus limité, des études ergonomiques traitant exclusivement du poste de travail chez l'opérateur de machine à coudre.

Il est à remarquer cependant que cette littérature scientifique nous renseigne en quelque sorte sur la validité expérimentale des essais mais dans des conditions d'expérimentation dites "contrôlées". En milieu industriel cependant, on retrouve rarement ces conditions. Il faut donc composer avec des impondérables tels que: (a) cadence de travail élevée; (b) travail au rendement (bonification); (c) rotation du personnel aux postes de travail; (d) équipements fixes, non ajustables; (e) travail à la chaîne; (f) exigüité des locaux ou du poste de travail; (g) environnement inadéquat (bruit, vibrations, champs électromagnétiques etc.).

On constate également qu'en milieu industriel, le choix d'une posture qu'emprunte le travailleur est directement relié aux exigences de la tâche ou aux caractéristiques du poste de travail. Parfois, certaines publications recommandent même des ajustements stéréotypés (telle tâche commande telle hauteur de plan de travail), mais souvent ces mesures sont empruntées d'études statiques et ne conviennent nullement pour un travail dynamique ou

un travail physique exigeant comme celui d'opérateur de machine à coudre.

Il semble donc essentiel de faire appel à la biomécanique si l'on veut découvrir les facteurs de risques professionnels associés aux maux de dos et aux atteintes musculo-squelettiques chez les opérateurs de machine à coudre. Cette science nous permet d'intervenir sur différents niveaux, soit sur la posture, soit sur le poste de travail et, ce qui semble encore mieux, sur les deux en même temps. Cette dernière approche est en fait la démarche proposée par l'auteur de cette étude.

Pour mener à bien une intervention biomécanique simulant une situation réelle de travail, il est important de bien connaître la description des tâches. Pour établir cette description, nous devons répondre à la question: "Qu'est-ce que la personne fait et comment le fait-elle?".

Souvent, en entreprise, la tâche prescrite par l'employeur diffère de la tâche réelle du travailleur parce que certaines contraintes n'ont pas été évaluées ou retenues lors des études de temps et mouvements. En fait, ces études (voir annexe A pour exemple) décomposent en séquences temporelles chaque activité de travail (ce que la personne fait); le cumul de ses temps intégrés, après majoration, permet de déterminer un temps absolu réaliste pour effectuer cette tâche et ainsi fixer les standards de production.

Malgré l'appréciation incontestée de cette description parcellaire du travail de couturière, il est également nécessaire de comprendre comment cette tâche est accomplie. Pour ce faire, l'enregistrement sur bande vidéo-

scopique d'une situation de travail permet d'obtenir un profil détaillé des mouvements.

La description de la tâche analysée de l'annexe A peut être résumée comme suit:

La travailleuse emprunte au départ une posture qui respecte les zones de confort: (a) sujet assis en posture confortable, le dos droit; (b) les bras perpendiculaires par rapport au sol, en position détendue; (c) les avant-bras sont à l'horizontale ou légèrement inclinés vers le bas; (d) la hauteur de la chaise est ajustée de façon telle que la surface de travail soit juste sous le niveau des coudes. Ensuite, dès le début des opérations, la couturière prend les morceaux de tissus à coudre et, de ses deux mains, les aligne avant de les positionner sous le pied de la machine. Elle amorce alors la première partie de la couture sur une distance de 30 cm. Sa main droite reste en permanence près du pied de la machine afin de continuer à aligner les pièces sous le pied (aiguille), tandis que sa main gauche "tendue" reste en contact continu avec le tissu et ce, jusqu'à la fin de la première couture, 30 cm derrière le pied de la machine: (a) poignet en déviation radiale à  $28^{\circ}$  pendant 0,057 min.; (b) bras gauche en extension à  $49^{\circ}$  pendant 0,057 min.; (c) le tronc fléchi vers l'avant à  $25^{\circ}$  pendant 0,057 min. etc.

Cette courte description nous permet d'observer la déviation radiale du poignet en position de plage extrême ( $28^{\circ}$ ), cette position étant maintenue sur une période de 168 minutes (0,057 min. X 3 coutures X 983 pantalons = 168 minutes) par quart de travail, une période beaucoup trop longue. Outre l'angle du poignet, on peut estimer l'angle du tronc, de la tête, de l'épaule, etc.

En théorie, il est possible de réduire certains de ces gestes pernicioeux; par exemple, au lieu de trois coutures de 30 cm, on peut faire effectuer 9 coutures de 10 cm mais la durée du cycle de travail en serait augmentée pour autant. Ainsi, il est permis de se poser la question suivante:

Est-ce que la travailleuse peut se permettre d'augmenter sa charge de travail et voir son bonus diminué, ou est-ce que l'employeur peut se permettre une réduction de productivité tout en augmentant ses coûts d'opération?

Cette problématique nous conduit à chercher une autre solution qui puisse satisfaire à la fois l'employeur et l'employée tout en diminuant l'incidence des maux de dos et des maladies musculo-squelettiques.

En révisant attentivement le profil des mouvements d'une couturière, on remarque que le déplacement linéaire du tissu sur la surface horizontale semble proportionnel au déplacement angulaire des articulations du membre gauche ainsi qu'à la flexion du tronc de la travailleuse. Donc, plus la zone de manipulation s'éloigne du point d'origine, plus fortes seraient la flexion du tronc et l'extension du bras gauche. En fait, ce qui paraît souhaitable dans les circonstances, c'est de diminuer l'amplitude des mouvements tout en maintenant une longueur maximale des coutures à effectuer (30cm).

Est-ce que l'inclinaison positive, i.e. une rotation antéro-postérieure de la table de travail de couturière peut diminuer de façon significative l'amplitude des mouvements du tronc et des membres supérieurs?



### Hypothèse

Le but de l'étude est d'évaluer et de comparer certains paramètres biomécaniques de sujets en laboratoire effectuant une tâche de couturière et ce, en fonction de l'inclinaison positive de la table de travail.

Conséquemment, les inclinaisons proposées de la table de travail sont de  $0^{\circ}$ ,  $6^{\circ}$  et  $10^{\circ}$ .<sup>1</sup> Ainsi, l'analyse posturale portera sur les déplacements linéaires et angulaires des articulations de la tête, du tronc, de l'épaule, du coude et du poignet dans les plans sagittal et horizontal de mouvement.

Nous escomptons que l'inclinaison positive de la table de travail d'une couturière diminuera, de façon significative, l'amplitude des mouvements de certaines articulations du membre supérieur gauche et également celle du tronc; l'influence de la distance de la pièce, correspondant aux différentes phases de la couture linéaire, sera analysée. De plus, nous croyons que le temps d'exécution des tâches diminuera en fonction de l'inclinaison de la table.

---

<sup>1</sup> Nous avons établi l'inclinaison du plan de travail à  $6^{\circ}$  parce que la pompe à l'huile de la plupart des machines à coudre en industrie ne permet pas une inclinaison supérieure. Cependant les machines à coudre de type plus récent peuvent s'incliner davantage, par contre, au-delà de  $10^{\circ}$  les objets ont tendance à glisser. Donc, les inclinaisons de  $6^{\circ}$  et  $10^{\circ}$  sont deux inclinaisons pouvant être utilisées en industrie.

## CHAPITRE I I

### Revue de la littérature

Comprendre le fonctionnement de cette merveilleuse structure qu'est le corps humain peut s'avérer l'une des tâches les plus passionnantes et des plus significatives qu'un individu puisse accomplir. L'étude des structures (anatomie) et des fonctions (physiologie) de l'organisme humain ne constitue en aucune façon l'objet de ce résumé. Cependant, il serait utile de situer quelques notions essentielles permettant d'aborder avec plus de facilité les problèmes physiologiques posés par l'analyse des postures et des mouvements. Par la suite, on résumera les études de certains chercheurs qui nous renseignent sur les causes potentielles des maux de dos, sur les atteintes musculo-squelettiques et finalement sur la relation entre la posture et divers ajustements de plan de travail.

### Éléments de biomécanique articulaire

Squelette. Le squelette est l'ensemble des structures osseuses et cartilagineuses du corps. Ces structures sont reliées par des articulations et activées par un grand nombre de muscles squelettiques. En fait, le squelette constitue l'armature de l'organisme.

Le squelette humain représente environ 18% du poids du corps d'un individu et compte au moins 206 os (Guay et Chapleau, 1993). Environ 80 de ces os appartiennent au squelette axial: (a) tête (29); (b) colonne vertébrale (26); (c) thorax (25) et environ 126 au squelette appendiculaire: (1) ceinture

scapulaire (4); (2) membres supérieurs (60); (3) ceinture pelvienne (2); (4) membres inférieurs (60).

Le squelette effectue plusieurs fonctions importantes dont celle de servir de support aux muscles, leur fournissant des points d'origine et de terminaison. De plus, compte tenu de l'adhérence entrecroisée de certains muscles au squelette et de la pluralité des os dans certaines articulations mobiles, le squelette, par l'intermédiaire des articulations, définit également le type et l'amplitude des mouvements qu'un individu peut effectuer.

Articulations. Dans la littérature (Guay et Chapleau, 1993; Spence et Mason, 1983; Bouisset, 1981), on définit les articulations comme étant le mode d'union de deux ou plusieurs pièces du squelette entre elles. Généralement, on distingue trois variétés d'articulations suivant les mouvements qu'elles permettent (immobiles, semi-mobiles, mobiles) ou suivant leur structure (fibreuse, cartilagineuse, synoviale). Ainsi, on désigne sous le vocable de "synarthroses" les articulations immobiles et fibreuses, de "amphiarthroses" les articulations semi-mobiles et cartilagineuses et de "diarthroses" les articulations mobiles et synoviales. De même, on qualifie d'articulation simple une articulation qui unit deux os entre eux et d'articulation composée, celle qui relie plus de deux os.

Souvent, on emprunte le terme "degré de liberté" pour décrire la mobilité d'un membre ou d'une articulation dans un plan (sagittal, frontal, horizontal) et autour d'un axe (sagittal, transversal, vertical).

Seules les diarthroses et certaines amphiarthroses sont à considérer du point de vue de la biomécanique humaine. La plupart des articulations sont de type synovial et sont les seules à être véritablement mobiles et capables d'exécuter des mouvements d'amplitudes variées. Elles sont constituées d'une part, de surfaces articulaires recouvertes de cartilage et, d'autre part, de structures assurant leur liaison: capsule articulaire, ligaments, synovie. Lorsque deux surfaces articulaires ont une configuration réciproque, elles sont tout simplement séparées par la cavité articulaire remplie de synovie; lorsque l'emboîtement n'est pas réciproque, on y retrouve des éléments qui permettent un meilleur ajustement des surfaces en présence: (a) ménisque; (b) disque; (c) bourrelet. Compte tenu des propriétés mécaniques de ces divers éléments, il devient donc possible à l'articulation de se mouvoir, de supporter et de répartir les pressions qui lui sont imposées sans risquer la lésion ou la dislocation.

Muscles. Le corps humain est capable de bouger grâce à un ensemble de quelque 600 muscles striés volontaires représentant environ 42% du poids du corps chez l'homme et 36% chez la femme. Chaque muscle est constitué d'un grand nombre de fibres qui s'entremêlent et se prolongent généralement dans un tendon à chaque extrémité du muscle (Grandjean, 1985).

Le tendon, qui est l'extrémité blanchâtre et résistante des muscles squelettiques, est peu vascularisé mais il est hautement innervé (sensible). C'est un organe de transmission et de centralisation des forces musculaires qui participe à la coordination et à la précision des mouvements. Par convention,

on dit qu'un muscle naît à son "origine" et se termine à son "insertion". L'origine, souvent l'extrémité la moins mobile, est généralement proximale tandis que le point d'insertion est situé à la partie la plus mobile et distale. De même, l'origine est plutôt large, partant parfois de plusieurs endroits sur les os, ou même de plusieurs os différents tandis que l'insertion, de façon générale, tend au contraire à être plutôt rétrécie.

On retrouve également, aux endroits où les tendons croisent les articulations comme au poignet et dans les doigts, des membranes synoviales qui réduisent le frottement entre les os et les structures adjacentes, appelées gaines des tendons. Ces gaines de forme cylindrique à double paroi et remplies de synovie permettent le bon fonctionnement des tendons en facilitant leur glissement et en les maintenant en place (Spence et Mason, 1985; Guay et Chapleau, 1993).

La propriété fondamentale du muscle est sa capacité de se raccourcir jusqu'à environ la moitié de sa longueur normale: c'est le phénomène de la contraction musculaire. On distingue deux types de contractions musculaires: isométrique et isotonique. Dans la contraction isométrique, la longueur du muscle demeure constante tandis que la force exercée est variable. Dans la contraction isotonique, l'inverse se produit, c'est la force exercée qui demeure constante tandis que la longueur du muscle est variable (Poirier, 1985; Chaffin et Andersson, 1984; Spence et Mason, 1983).

Il existe également deux types d'efforts musculaires: (a) l'effort dynamique, qui est caractérisé par l'alternance rythmique de flexion/extension, de rotations internes/externes, d'abduction/adduction, etc, ; (b) l'effort statique, qui est caractérisé par un état prolongé de contraction musculaire, que ce soit pour maintenir une posture ou pour maintenir un objet.

..... Dans une situation dynamique, l'effort peut s'exprimer par le raccourcissement du muscle et par la puissance développée (travail = poids X hauteur de déplacement). Pendant un travail statique, le muscle ne peut s'allonger et reste dans un état de tension soutenue, il n'y a pas de travail visible. Ce travail ne peut pas être défini par une formule telle celle utilisée plus haut; on peut la comparer à l'action d'un électro-aimant qui consommerait une certaine quantité d'énergie (constante) pour soutenir un poids donné sans paraître fournir un travail utile.... (Grandjean, 1983, pp.21-22).

Parallèlement, on remarque une différence très marquée dans l'apport sanguin entre ces deux types d'effort. Durant un effort dynamique, le muscle agit comme pompe, le sang est chassé du muscle lors de la compression et la relaxation qui suit laisse entrer du sang fraîchement oxygéné et riche en nutriment énergétique. Inversement, durant un effort statique, les vaisseaux sanguins sont comprimés par la pression interne du tissu musculaire et le muscle ne reçoit du sang ni sucre, ni oxygène. Les déchets n'étant pas évacués, ils s'accumulent et provoquent rapidement de la fatigue.

Dans une étude de Monod (1956), sur les conséquences du travail statique, on a observé une restriction du débit sanguin dans le muscle qui est proportionnelle à la force exercée. Si l'effort statique représente 60% de l'effort maximum, la circulation sanguine est presque interrompue. Par contre, si l'effort

représente moins que 20% de l'effort maximum, la circulation n'est pas modifiée.

De même, on a pu observer les durées suivantes du maintien de la contraction:

(a) 6 secondes pour une force de contraction de 100%; (b) 21 secondes pour une force de contraction de 75%; (c) 60 secondes pour une force de contraction de 50%; (d) 3,4 minutes pour une force de contraction de 25%.

Il est à signaler que la force maximale qu'un muscle peut développer dépend: (a) de la constitution, du sexe et de l'âge; (b) de l'entraînement, de la fatigue (résiduelle), de la motivation; (c) de la position relative des segments du membre actif; (d) de la posture empruntée; (e) des facteurs de nature professionnelle, équipement de sécurité, etc.

Toujours selon Monod (1956), il faut donc tenir compte de ces facteurs si l'on veut comparer des sujets ou des groupes de sujets entre eux. Notons également que la force exercée du côté de la main dominante est plus élevée d'environ 10%, que la force est maximale vers l'âge de 30 ans et décroît par la suite et finalement, que les femmes développent un niveau de force inférieur d'environ 30% par rapport à celui des hommes.

Un muscle travaille rarement seul; il est presque toujours secondé par d'autres muscles afin de produire un mouvement harmonieux et très précis (téléocinétique) selon l'action commandée. Ainsi, on retrouve: (a) les muscles agonistes qui luttent contre les résistances et amorcent les mouvements; (b) les muscles antagonistes qui contrebalancent ou s'opposent à l'action des muscles agonistes; (c) les muscles synergiques qui suppléent ou accompagnent un autre



muscle pour produire le même effet désiré au niveau de l'articulation; (d) les muscles fixateurs qui confèrent leur fixité aux axes de l'articulation sollicitée; (e) les muscles neutralisateurs qui éliminent les actions indésirables; (f) les muscles modérateurs qui ralentissent un mouvement; (g) les muscles posturaux qui rétablissent et maintiennent l'équilibre global du corps humain.

Cette première partie de la revue de la littérature a récapitulé certains rôles importants qu'ont à jouer les structures osseuses, les articulations (principalement de type synoviale) et le système musculaire dans l'analyse des postures et des mouvements. Pour terminer ce premier chapitre, nous présentons quelques résultats succincts traitant des atteintes musculo-squelettiques et également certains correctifs apportés sur divers plans de travail et dont les résultats sont encourageants.

### Résultats d'études

Problèmes musculo-squelettiques. Armstrong et Chaffin (1979) se sont interrogés sur le fait que certaines personnes développent le syndrome du tunnel carpien<sup>2</sup> tandis que d'autres en sont exemptées. Pour ce faire, ils ont comparé deux groupes de 18 couturières. Dans le premier groupe (32,2 ans  $\pm$  9,9), chaque travailleuse avait des symptômes du tunnel carpien (groupe lésé); dans l'autre groupe (34,0 ans  $\pm$  8,4) aucun symptôme n'était apparent.

---

<sup>2</sup> Le syndrome du tunnel carpien est une affection de la main et du poignet. Le canal carpien est un défilé rigide de 3 cm de longueur, situé sur la face antérieure du poignet: il est formé par les os du poignet et par le ligament qui relie ces os. Ce canal est traversé par le nerf médian et les tendons des muscles fléchisseurs des doigts et du pouce.



Les résultats ne démontrent aucune différence significative dans les paramètres anthropométriques des deux groupes de travailleuses. Cependant, suite à une analyse cinématographique et électromyographique de plus de 400 données, on a retrouvé une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre la force musculaire de la main du groupe lésé ( $4,3 \text{ kp} \pm 3,5$ )<sup>3</sup> et celle du groupe sain ( $3,8 \text{ kp} \pm 3,2$ ). Également, on a retrouvé une variation significativement plus grande dans la force exercée durant les mouvements de déplacements angulaires du poignet dans le groupe lésé que celui du groupe sain: (a) extension ( $4,1 \text{ kp} \pm 3,1$ ) vs ( $3,8 \text{ kp} \pm 3,0$ ); (b) neutre ( $4,1 \text{ kp} \pm 3,3$ ) vs ( $3,8 \text{ kp} \pm 3,1$ ); (c) flexion ( $5,4 \text{ kp} \pm 4,2$ ) vs ( $3,9 \text{ kp} \pm 3,8$ ). De même, cette analyse démontre que le groupe lésé utilise plus fréquemment (51,9%) la prise pulpo-latérale (pinch) des mains que le groupe sain (43,9%). Finalement les auteurs concluent que le groupe lésé travaille plus souvent en flexion ou en extension du poignet (32,3%), ce avec plus de force que le groupe sain (26,3%) qui, lui travaille plus souvent le poignet en position neutre et ce, avec moins de force.

Les mêmes auteurs s'appuient également sur les travaux de Brain et coll (1947) pour conclure que le travail effectué avec le poignet en extension entraîne une élongation du nerf médian et diminue le volume du tunnel carpien. D'autre part, Phalen (1966) rapporte que le travail effectué avec le poignet en flexion augmente la tension du nerf médian et davantage lorsque les doigts sont également en flexion. Toutes ces conditions contribuent significativement à

---

<sup>3</sup> 1 kp= 1 kgf ou 9,81N

l'apparition du syndrome du tunnel carpien.

Postures. Keyserling (1986), après avoir consulté plusieurs travaux sur la relation entre la posture du tronc et des épaules et l'apparition des troubles musculo-squelettiques et après avoir utilisé différentes méthodes d'analyse des postures considère que le tronc est en position de flexion neutre dans un plan sagittal entre  $0^{\circ}$  et  $20^{\circ}$ , en flexion moyenne de  $20^{\circ}$  à  $45^{\circ}$  et en flexion sévère lorsque l'angle dépasse  $45^{\circ}$ . En ce qui concerne le déplacement frontal de l'épaule, un angle d'abduction de moins de  $45^{\circ}$  est acceptable, entre  $45^{\circ}$  et  $90^{\circ}$  comme abduction moyenne et plus de  $90^{\circ}$  comme très sévère. Cependant l'auteur mentionne que tout travail effectué sur de longues périodes de temps ou exécuté de façon répétitive, dans des positions de flexion moyenne ou sévère du tronc et d'abduction de l'épaule plus grande que  $45^{\circ}$ , prédispose aux atteintes musculo-squelettiques.

McAtamney et Corlett (1993) proposent une autre méthode d'évaluation des postures: Rula ("Rapid Upper Limb Assessment"). Cette méthode peut également servir de référence pour déterminer les zones de confort pour certains angles<sup>4</sup> dans un plan sagittal:

Bras (vertical):      1- flexion-extension  $20^{\circ}$ ; 2- flexion-extension  $20-45^{\circ}$ ;  
                                  3- flexion  $45-90^{\circ}$ ; 4- flexion  $90^{\circ}$  et plus.

Avant-bras:            1- flexion  $60-100^{\circ}$ ; 2- flexion en deçà de  $60^{\circ}$  et  $100^{\circ}$  et plus

---

<sup>4</sup> L'ordre croissant des numéros indique une augmentation des risques musculo-squelettiques.

Poignet:	1- flexion-extension 0-15°; 2- flexion-extension 15° et plus.
Cou:	1- flexion 0-10°; 2- flexion 10-20°; 3- flexion 20° et plus; 4- en extension.
Tronc:	1- assis avec angle tronc/cuisse 90°; 2- flexion 0-20°; 3- flexion 20-60°; 4- flexion 60°.

Reynolds, Drury et Broderick (1994) ont réalisé un projet ergonomique dans une industrie de couture. Ils ont modifié un poste de travail de couturière s'effectuant dans une position assise pour être fonctionnel en position debout. Les changements majeurs apportés sont: (a) augmentation de la hauteur du plan de travail; (b) installation d'un système pneumatique afin d'ajuster la hauteur et l'inclinaison de la surface de travail selon la convenance de l'utilisateur; (c) relocalisation de la pédale au plancher par une plaque basculante installée sous la machine et ajustée au niveau du genou. Les buts recherchés étaient une réduction de la flexion du cou et du tronc, une réduction de la flexion/adduction de l'épaule gauche et flexion/abduction de l'épaule droite ainsi qu'une réduction de la déviation radiale/flexion du poignet droit et, finalement, une réduction de la déviation ulnaire/radiale du poignet gauche durant la prise et le dépôt des morceaux de tissus. Les résultats obtenus provenaient d'un questionnaire BDP ("Body Part Discomfort") et étaient quantifiés selon la méthode d'évaluation des postures OSHA ("Occupational Safety and Health Association"). Les résultats démontrent, pour les quatre sujets analysés, une diminution significative (après les modifications) des angles, pour l'ensemble

des déviations du poignet, de la flexion du cou et des épaules. Cependant, on rencontre une augmentation marquée de l'inconfort au niveau des jambes.

Serratos-Perez et Mendiola-Anda (1993) ont réalisé une étude sur la relation entre la posture des opérateurs de machine à coudre en position assise et les atteintes musculo-squelettiques dans un atelier de fabrication de chaussures en cuir. Contrairement à la plupart des autres études effectuées chez des populations féminines et hautement industrialisées (Suède, Norvège, Finlande, USA, Canada), cette dernière est basée uniquement sur une population masculine mexicaine: 132 opérateurs de machine à coudre de type régulier et 11 opérateurs de machine à coudre de type à colonne<sup>5</sup>. Il en résulte que 47,5% des sujets ont déclaré des atteintes musculo-squelettiques. Les blessures au bas du dos sont les plus fréquentes, 18,2% pour les deux groupes. Pour les blessures à l'épaule, on en retrouve 14% parmi les deux groupes; cependant on en dénombre trois fois plus chez les opérateurs de machine à coudre de type à colonne. En ce qui concerne les douleurs au tronc, il y a également 14% des sujets qui s'en plaignent et ce sont tous des opérateurs de machine à coudre de type régulier. Finalement, 4,9% des sujets ont des maux au niveau du cou, mais aucun d'eux ne se retrouve parmi les opérateurs de machine à coudre de type à colonne.

---

<sup>5</sup> Contrairement à une machine à coudre de type ordinaire, le pied de l'aiguille d'une machine à coudre de type à colonne est nettement plus élevé et se situe à la hauteur des épaules de l'opérateur, en position assise.

Les auteurs notent également que le taux de réclamations retrouvé pour les atteintes musculo-squelettiques se situe bien en deçà de ceux des autres études rapportées dans la littérature. Il semble important d'en signaler les causes possibles: (a) les travailleurs considèrent la douleur comme inhérente à leur tâche; (b) plusieurs médecins ne sont pas conscients de la relation entre les lésions et le travail et par le fait même, ne considèrent pas la nécessité de retirer le travailleur de son milieu de travail; (c) les travailleurs, étant payés à la pièce, s'abstiennent de prendre des journées de maladie parce qu'ils en subiraient une trop forte perte financière.

Bridger (1988) a analysé une situation de travail en position assise en fonction de quatre plans de travail différents : (a) table et chaise à l'horizontale (b) table et chaise à plan incliné; (c) table à l'horizontale et chaise à plan incliné; (d) table à plan incliné et chaise à l'horizontale. Les résultats démontrent une différence significative entre les deux plans de chaise pour la flexion du tronc ( $p < 0,01$ ), la flexion de la hanche ( $p < 0,05$ ) l'inclinaison du bassin ( $p < 0,01$ ), l'angle de la cuisse ( $p < 0,01$ ) et la flexion du genou ( $p < 0,01$ ). Les résultats démontrent également une différence significative entre les deux plans de la table pour la flexion du tronc ( $p < 0,01$ ) et l'inclinaison du cou ( $p < 0,01$ ). Par contre, aucune interaction significative n'a été retrouvée entre les plans de table et les plans de chaise.

Une autre étude similaire a été effectuée sur des sujets en fonction de l'inclinaison du plan de travail à  $0^{\circ}$ ,  $12^{\circ}$  et  $24^{\circ}$  (Eastman et Kamon, 1976). Les

sujets étaient évalués pour chaque inclinaison de plan du travail durant une période de deux heures et demie. Durant chaque période, on alternait les tâches de lecture de 30 minutes avec des tâches d'écriture également de 30 minutes. Il est à noter que pour cette étude, l'angle d'inclinaison du dos correspond à la ligne oeil/12<sup>e</sup> vertèbre thoracique (T-12), la ligne horizontale passant par T-12. Les résultats démontrent que plus le plan de travail est incliné, plus la posture est droite. On observe que l'inclinaison du plan entraîne une posture plus droite et on note aussi des sensations de fatigue moins grandes et moins de malaises. Finalement, on a retrouvé une différence significative dans la flexion du dos par rapport à l'inclinaison de la table de travail. Pour chaque augmentation de 12° de l'inclinaison de la table, on diminue la flexion du tronc de 3°.

Andersen et Gaardboe (1993) ont comparé un groupe de 424 couturières avec un groupe témoin de 781 travailleuses. Les résultats démontrent une tendance hautement significative pour les douleurs chroniques au cou et à l'épaule chez les couturières et ce, de façon croissante à partir de la 8<sup>e</sup> année de service continu comme couturière.

La posture selon Laville (1985) joue un rôle fondamental pour un travailleur dans la perception de son environnement de travail et dans l'évaluation des tâches qu'il accomplit. De fait, la posture représente une adaptation morphologique à un environnement de travail. Les résultats recueillis suite à des expériences de laboratoire démontrent qu'il y a une relation

entre la rapidité et la précision lors de l'accomplissement d'une tâche en immobilité posturale. Une telle immobilité posturale maintenue durant de longues périodes de travail est mal tolérée et peut entraîner des douleurs à la nuque, aux épaules et dans le dos. Ces manifestations douloureuses combinées à des exigences de rapidité et de précision des tâches peuvent être contre-indiquées aux personnes d'un certain âge.

## CHAPITRE III

### Méthodologie

#### Terminologie

L'ensemble des termes utilisé pour décrire la tâche de l'opérateur de machine à coudre a été méthodiquement classé et défini comme suit:

- 1 - Essai: Chaque épreuve ou "pièce de tissu cousue" lors de l'expérimentation.  
(Ex.: Parmi les 65 essais, 15 essais (ou tests) furent retenus).
- 2 - Bornes: Points de repères utilisés pour subdiviser chaque phase.  
(Ex.: 0 cm, 10,16 cm, 20,32 cm, 30,48 cm).
- 3 - Phase: Partie linéaire distincte comprise entre deux bornes ou portion de la couture comprise entre deux bornes.  
(Ex.: 0 cm à 10,16 cm, 10,16 cm à 20,32 cm, 20,32 cm à 30,48 cm).
- 4 - Séquence de couture:  
Opération qui consiste à coudre une pièce de tissu sans arrêt.

#### Sujets

Six sujets féminins inexpérimentés dans le domaine de la couture ont participé à cette étude. C'est à dessein que nous avons opté d'employer des personnes non professionnelles et, en fait, peu expérimentées en couture.

L'intérêt premier de l'étude étant fonctionnel - sur la relation entre l'orientation du plan de travail et les positions segmentaires du sujet - plutôt qu'épidémiologique, il nous a paru prudent de comparer différents angles du



plan de travail avec des sujets naïfs plutôt que d'employer des couturières ayant des dizaines de milliers d'heures d'expérience de travail avec un plan d'angle zéro.

Les sujets ont été recrutés sur une base volontaire et étaient tous naïfs quant au déroulement de l'expérimentation. La moyenne d'âge était de 33,0 ans ( $\pm 11,5$ ) avec un poids moyen de 59,2 kg ( $\pm 6,4$ ) et une taille moyenne de 163,7 cm ( $\pm 2,4$ ). Lors de l'enregistrement des essais, tous les sujets portaient seulement un maillot de bain afin de faciliter l'apposition des marqueurs sur la peau et aussi afin de s'assurer de la stabilité de ces derniers.

### Équipements

Deux caméras (Peak Performance Technologies) synchronisées et reliées individuellement à deux magnétoscopes (Panasonic, modèle AG-1960), ont enregistré, dans les plans sagittal et horizontal respectivement, les activités de chaque sujet. Chaque caméra fut ajustée et fixée perpendiculairement au plan de travail et ce, à une distance de 2,45 mètres d'un même point de référence: l'épicondyle latéral de l'humérus gauche du sujet assis à son poste de travail. De même, la vitesse d'obturation de chaque caméra fut réglée à 1/500 seconde et les caméras enregistrèrent 60 champs/seconde sur bande vidéoscopique SVGA (Super Video Graphics Array). Finalement, afin de s'assurer de la qualité et de la précision des images, un terminal à écran de visualisation (Nec/multi Sync 2 A) transmet simultanément les images perçues par les caméras. Toutes les données ont été analysées à l'aide d'un système

optoélectronique (Peak Performance Technologies).

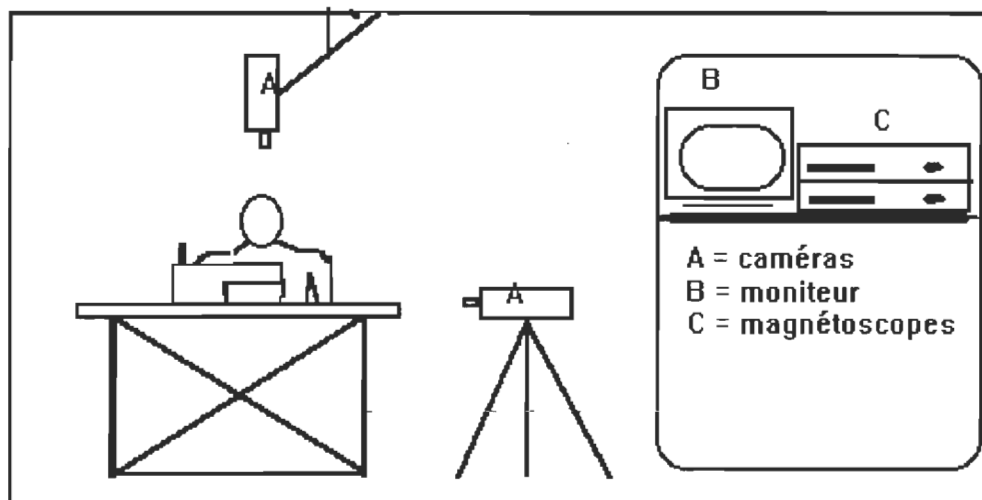


Figure 1. Schéma de montage

#### Table de travail

Le poste de travail fut aménagé avec une machine à coudre de type commercial "Singer" sur une table de 60 cm de profondeur, 70 cm de largeur et 77 cm de hauteur. Quant au pied de la machine (aiguille), il se situe à 26 cm du rebord avant de la table (côté travailleuse) et à 23 cm sur le côté gauche. Des lignes blanches transversales et distantes de 10,16 cm servaient de repères pour calculer la distance parcourue lors de la couture (figure 2).

#### Chaise de travail

La hauteur de la chaise de travail était contrôlée à l'aide d'un système pneumatique et l'assise, quoique inclinable dans le plan avant-arrière, fut fixée à l'horizontale (0°). Le dossier de la chaise fut enlevé afin de faciliter le repérage des marqueurs.

Les figures 3, 4 et 5 présentent une vue sagittale des trois niveaux d'inclinaison de la table de travail:  $0^{\circ}$ ,  $6^{\circ}$  et  $10^{\circ}$ .

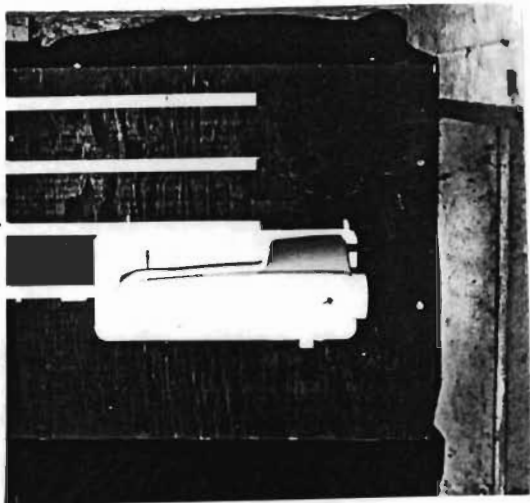


Figure 2. Vue horizontale

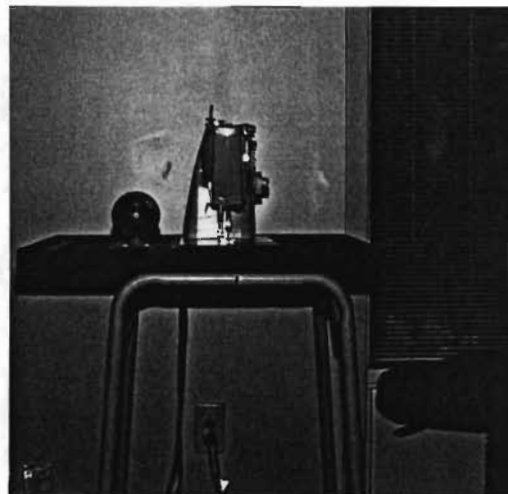


Figure 3. Vue sagittale à  $0^{\circ}$

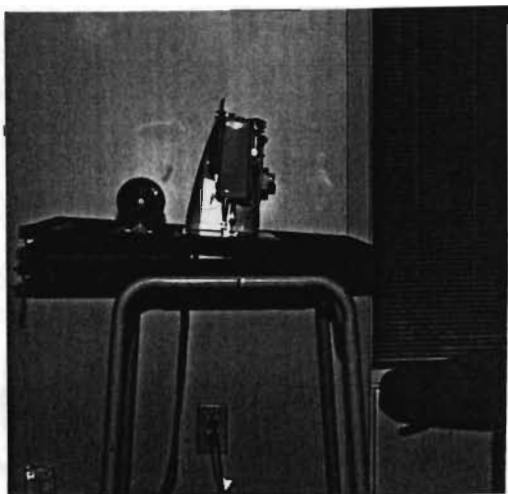


Figure 4. Vue sagittale à  $6^{\circ}$

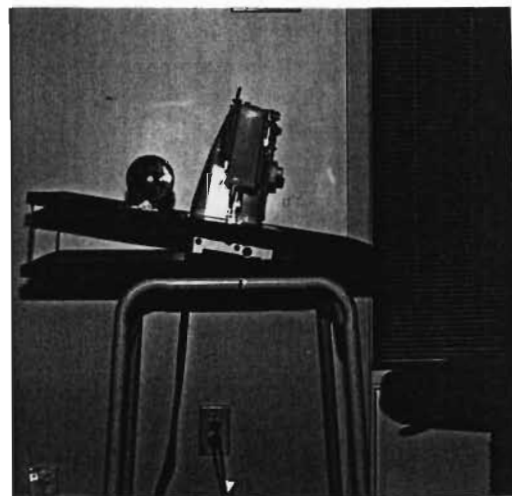


Figure 5. Vue sagittale à  $10^{\circ}$

### Morceaux de tissu

Des morceaux de tissu en denim (12 oz) ont été préalablement taillés sur une longueur de 30,48 cm (12 pouces) par 10,16 cm (4 pouces) de largeur.

Nous avons également identifié chaque morceau de tissu par un point blanc réfléchissant situé au coin supérieur gauche et ainsi que par des lignes blanches transversales distantes de 10,16 cm (4 pouces) afin de pouvoir comparer les distances parcourues par le tissu sur la table de travail.

### Mesures

L'information visée par la présente étude est appuyée sur des paramètres cinématiques bidimensionnels. Ainsi, le déplacement angulaire et linéaire (plans sagittal et horizontal) des segments de la tête par rapport au cou (flexion-extension), du tronc par rapport aux vertèbres lombaires (flexion), du bras par rapport à l'épaule (extension du bras), ainsi que les angles du coude (extension) et du poignet (déviation radiale-ulnaire et flexion-extension) de chaque sujet ont été retenus pour chacun des plans d'inclinaison du plan de travail à 0°, 6° et 10° et ce, pour chacun des points de repères relatifs à la longueur du tissu. Ces combinaisons sont illustrées dans les figures 6 à 15. Les données ont été enregistrées et traitées à partir du système optoélectronique PEAK 5.

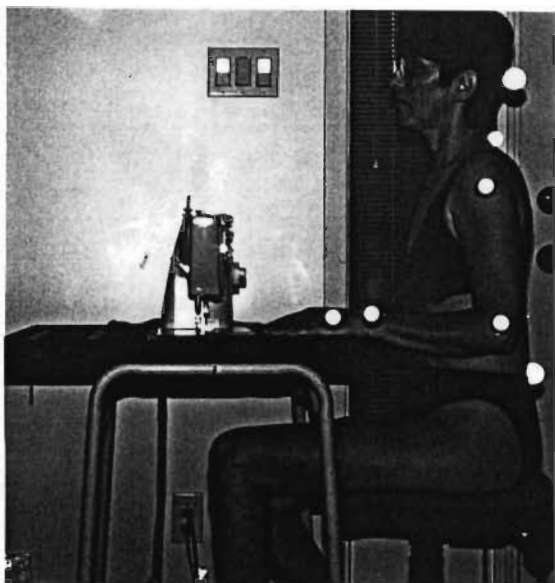


Figure 6. Position de référence  
Plan sagittal

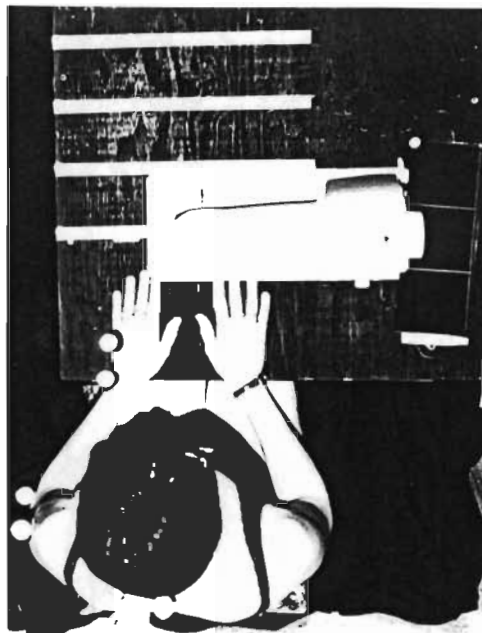


Figure 7. Position de référence  
Plan horizontal

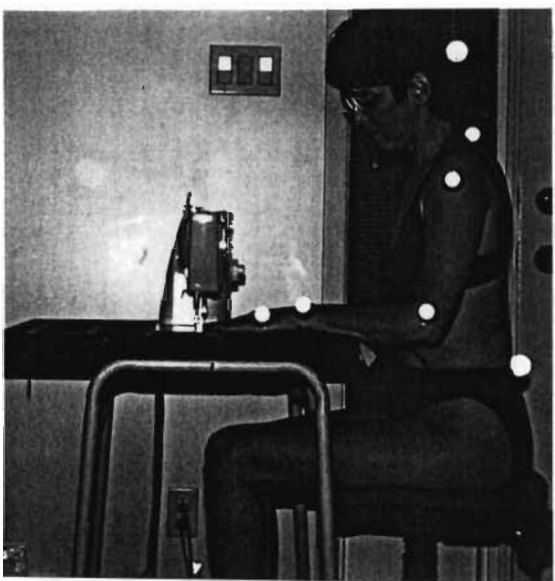


Figure 8. Position 0,00 cm  
Plan sagittal

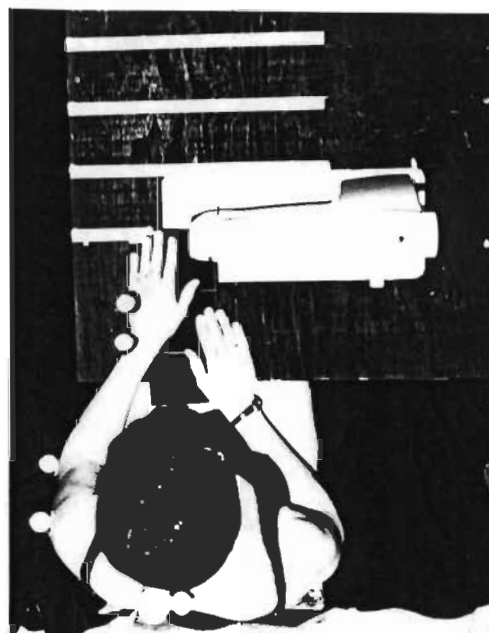


Figure 9. Position 0,00 cm  
Plan horizontal



Figure 10. Position 10,16 cm  
Plan sagittal

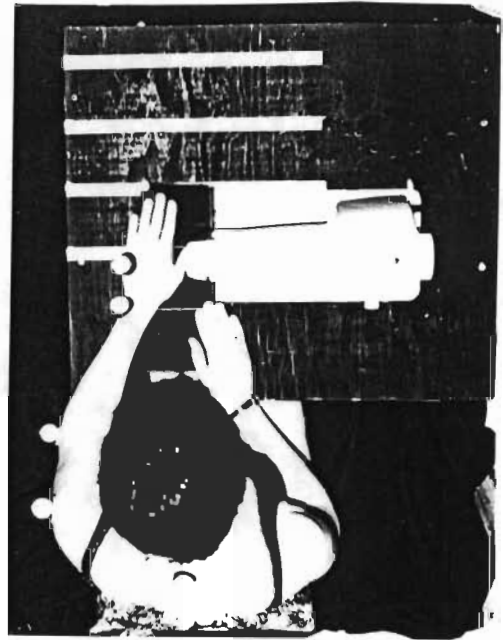


Figure 11. Position 10,16 cm  
Plan horizontal



Figure 12. Position 20,32 cm  
Plan sagittal



Figure 13. Position 20,32 cm  
Plan horizontal



Figure 14. Position 30,48 cm  
Plan sagittal



Figure 15. Position 30,48 cm  
Plan horizontal



### Plan expérimental

L'étude comportait globalement trois conditions expérimentales représentées par l'inclinaison des plans de travail à 0°, 6° et 10° par rapport à l'horizontale. L'analyse subséquente a tenu compte aussi des phases de la séquence de couture, selon les quatres bornes (0,00 cm, 10,16 cm, 20,32 cm, 30,48 cm).

Chaque sujet a donc effectué une série de coutures semblables, dans chacun des trois plans. L'ordre d'exécution des séries fut permuté d'un sujet à l'autre afin d'éviter des confusions d'effets pouvant provenir d'effets de séquence, d'apprentissage et de fatigue accumulée: le tableau 1 présente le plan de contrebalancement employé dans la présente étude.

Tableau 1

Permutation de l'inclinaison de la table de travail pour les sujets 1 à 6.

Sujet	Ordre des plans	Sujet	Ordre des plans
1	0°, 6°, 10°	4	6°, 0°, 10°
2	0°, 10°, 6°	5	10°, 6°, 0°
3	6°, 10°, 0°	6	10°, 0°, 6°

### Procédures

L'expérimentation a eu lieu dans le laboratoire de biomécanique et de cinésiologie de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Les sujets en maillot de bain furent invités à tour de rôle à prendre place au poste de travail décrit



précédemment et des instructions furent alors dictées au sujet afin de normaliser

le déroulement des essais:

Le but de l'expérience n'est pas de vérifier votre compétence ni de vérifier comment vous travaillez, mais plutôt de regarder l'efficacité de votre corps lorsque l'on change l'inclinaison de la surface de la table. Vous devez donc, au cours de cette expérience, coudre ensemble mais sans fil, les deux morceaux de tissus sur toute la longueur, soit 30 cm (12") et le plus près possible du rebord sur la ligne blanche située à 6 mm. Nous vous demandons de toujours garder votre main gauche en contact continu avec le tissu et sur la table de travail jusqu'à la fin de la couture. La surface de travail sera inclinée à trois reprises, soit à  $0^{\circ}$ ,  $6^{\circ}$  et  $10^{\circ}$  et nous vous demandons de coudre 65 morceaux à chacune des inclinaisons.

Des marqueurs sphériques et fluorescents furent installés sur le sujet aux endroits suivants: (a) main gauche (extrémité distale du 5<sup>e</sup> métacarpien); (b) poignet gauche (processus styloïde ulnaire); (c) coude gauche (épicondyle latéral); (d) épaule gauche (10 cm plus bas que l'acromion au centre de l'humérus); (e) tête (au sommet central de l'os occipital); (f) cou ( 7<sup>e</sup> vertèbre cervicale); (g) tronc au niveau de la hanche (4<sup>e</sup> vertèbre lombaire).

La hauteur de la chaise fut ajustée en fonction du sujet (figure 6), considérant: (a) sujet assis en posture confortable et le dos droit; (b) les bras pendant en position détendue; (c) les avant-bras et les mains à l'horizontale; (d) la hauteur de la chaise a été ajustée de façon telle que le rebord supérieur de la table de travail soit à 5 cm sous le niveau des coudes (Grandjean, 1985).

Pour chaque niveau de plan de travail ( $0^{\circ}$ ,  $6^{\circ}$  et  $10^{\circ}$ ), le sujet effectua 65 essais, dont 10 parmi les 15 derniers furent retenus pour fins d'analyse (voir annexe B: Moyenne d'angles globale (en degrés) des articulations par sujet et par plan d'inclinaison).

### Paramètres du système de mesure

Les deux caméras synchronisées enregistrèrent simultanément dans les plans sagittal et horizontal le déplacement linéaire et angulaire des cinq articulations retenues (tête, tronc, épaule, coude et poignet). Ces dernières furent identifiées par sept marqueurs fluorescents et photographiées 60 fois par seconde pour une durée approximative de 7 à 9 secondes. De 400 à 500 données furent saisies pour chaque articulation (5), dans chaque plan de mouvement (horizontal, sagittal) ainsi que pour chaque inclinaison de la table de travail ( $0^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $10^\circ$ ) et ce, pour chacun des dix essais retenus pour les six sujets.

Les morceaux de tissu à coudre mesuraient 30,48 cm (12 pouces) de longueur. Des lignes blanches équidistantes de 10,16 cm (4 pouces) furent tracées transversalement à la pièce de tissu à déplacer afin d'obtenir trois phases de couture bien distinctes. Nous avons reproduit ces mêmes dimensions linéaires sur la surface de travail à partir du pied de la machine afin de définir les quatre points de repères d'une séquence de couture. Ainsi la borne de départ se situait à 0,00 cm, la deuxième à 10,16 cm (4 pouces), la troisième à 20,32 cm (8 pouces) et la dernière à 30,48 cm (12 pouces). Comme pour les données précédentes, chaque borne de phase fut analysée séparément pour chacun des plans de travail (sagittal et horizontal), pour chaque inclinaison de la table de travail ( $0^\circ$ ,  $6^\circ$  et  $10^\circ$ ) et ce, pour chacun des dix essais retenus pour les six sujets. Les différentes variables dépendantes élaborées à partir de ces mesures sont présentées au début du chapitre suivant.

## CHAPITRE IV

### Résultats

Notre hypothèse de recherche stipule qu'en augmentant l'inclinaison de la table de travail, l'amplitude des mouvements de certaines articulations diminuera ainsi que le temps d'exécution de la tâche.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons dans un premier temps ajusté l'environnement spatial du poste de travail en fonction des mesures anthropométriques de chaque sujet afin d'obtenir une posture de référence uniforme (hauteur du coude par rapport à la surface de travail).

En second lieu, nous avons décomposé la séquence de couture (opération de coudre une pièce de tissu d'une longueur de 30,48 cm) en phases selon les quatre bornes de phase, soit à 0,00 cm du pied de l'aiguille de la machine à coudre, 10,16 cm, 20,32 cm et 30,48 cm; la valeur obtenue à chaque borne a été analysée selon l'inclinaison du plan de travail, soit 0°, 6°, 10° et ce, pour chaque sujet.

### Variables dépendantes

Les variables dépendantes sont dérivées des mesures angulaires de la tête, du tronc, de l'épaule, du coude et du poignet, de la durée globale du mouvement et du déplacement linéaire du poignet et des doigts, ces données étant obtenues à l'aide du système optoélectronique PEAK 5. La liste des variables apparaît ci-après.

Moyenne d'angles globale (moy-glo). Les centaines de mesures provenant de la durée variable d'une séquence de couture furent additionnées pour chaque essai, et la moyenne des valeurs obtenues pour les dix essais fut calculée, par sujet et par condition d'inclinaison des plans de travail. Cette variable dépendante fut désignée "moy-glo".

Angle maximum (max-max et moy-max). La valeur maximum d'angle, parmi les centaines de mesures provenant d'une séquence de couture, fut retenue. Deux variables en furent dérivées: l'une représente le maximum des 10 maximums correspondant aux 10 essais (variable "max-max") et l'autre, la moyenne de ces 10 maximums (variable "moy- max").

Angle minimum (max-min et moy-min). La valeur minimum d'angle, parmi les centaines de mesures obtenues d'une séquence de couture, fut retenue. Deux variables en furent dérivées: l'une représente le maximum des 10 minimums correspondant aux 10 essais (variable "max-min") et l'autre, la moyenne de ces 10 minimums (variable "moy-min").

Moyenne d'angles par borne de phase (moy-borne). Pour chaque borne de phase dans la séquence de couture (0,00 cm, 10,16 cm, 20,32 cm et 30,48 cm), la mesure d'angle la plus rapprochée de la borne fut extraite. Quatre variables en furent dérivées; chacune d'elles représente la moyenne des 10 mesures d'angles correspondant aux 10 essais à chaque borne, soit à 0,00 cm, 10,16 cm, 20,32 cm et 30,48 cm.

Déplacement linéaire (dépl-poignet et dépl-doigts). Pour chaque plan d'inclinaison de la table de travail, le déplacement linéaire (intégrale de ligne) du poignet et des doigts fut mesuré à la fin de chaque phase (0,00 cm à 10,16 cm, 10,16 cm à 20,32 cm, 20,32 cm à 30,48 cm). Deux variables en furent dérivées: l'une représente la moyenne des 10 essais pour le poignet (variable "dépl-poignet") et l'autre, la moyenne des 10 essais pour les doigts (variable "dépl-doigts").

Durée de chaque séquence (durée). Pour chaque plan d'inclinaison de la table de travail, la durée de chaque phase ( 0,00 cm à 10,16 cm, 10,16 cm à 20,32 cm, 20,32 cm à 30,48 cm) dans la séquence de couture fut évaluée. Une seule variable en fut dérivée et représente la moyenne des 10 essais (variable "durée").

Appliquées aux différents angles sélectionnés, les définitions ci-dessus ont donné lieu à 45 variables dépendantes et à autant d'analyses statistiques. Le tableau de l'annexe C montre la moyenne pour l'ensemble des variables dépendantes (en degrés) par plan d'inclinaison.

#### Méthodes d'analyse statistique

Pour traiter les variables observées selon l'inclinaison des plans et les bornes de phase, nous avons appliqué la méthode d'analyse de variance (ANAVAR). Nous avons utilisé un plan d'analyse à une dimension et à mesures répétées (Ar) <sup>6</sup> pour les segments de la tête par rapport au cou, du tronc par

---

<sup>6</sup>L'auteur désire remercier le professeur Louis Laurencelle Ph.D. pour la conception et la rédaction du programme informatique en langage Q Basic.

rapport aux vertèbres lombaires et du bras par rapport à l'épaule, ainsi que pour les angles du coude et du poignet dans les plans (sagittal et horizontal) et ce pour chaque inclinaison de la table de travail ( $0^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $10^\circ$ ), sur les variables moy-glo, max-max, moy-max, max-min, moy-min, de même que pour les trois autres variables, durée, dépl-poignet et dépl-doigts. L'analyse des effets de phase s'est effectuée au moyen d'un plan d'analyse à deux dimensions et à mesures répétées (Ar X Br) pour les sept articulations (sagittal et horizontal) par plan de travail ( $0^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $10^\circ$ ). Seuls les résultats d'analyse rejoignant un seuil de signification de 5% sont notés dans ce chapitre.

Rappelons d'une part que l'analyse de variance à plan Ar montre l'effet de l'inclinaison de la table de travail à  $0^\circ$ ,  $6^\circ$  et  $10^\circ$  sur les angles obtenus à partir des différents segments corporels (tête, tronc, épaule, coude, poignet) sur certaines variables dépendantes (moyenne d'angles globale, moy-glo, max-max, moy-max, max-min, moy-min, durée, dépl-poignet et dépl-doigts). D'autre part, l'analyse de variance à plan Ar x Br permet de voir les effets jumelés des variables A - inclinaison des plans de travail à  $0^\circ$ ,  $6^\circ$  et  $10^\circ$  et des variables B- bornes de phase des séquences de couture à 0,00 cm, 10,16 cm, 20,32 cm et 30,48 cm,

### Présentation des résultats

La durée totale et les déplacements linéaires du poignet et des doigts pour chaque inclinaison de la table de travail sont présentés au tableau 2, pour la moyenne des six sujets. Quoique la différence soit non significative

( $F = 1.47$ ;  $dl = 2, 10$ ; n.s.), on remarque que la durée moyenne de séquences de couture diminue au plan d'inclinaison de  $10^0$  comparativement au plan de référence à  $0^0$ . Les déplacements linéaires du poignet et des doigts ne paraissent pas affectés par l'inclinaison des plans de travail.

Tableau 2

Moyenne ( $\pm$  écart-type) de la durée totale et du déplacement linéaire du poignet et des doigts, par rapport à chaque inclinaison de plan pour l'ensemble des sujets.

VALEURS	Inclinaison du plan de travail		
	$0^0$	$6^0$	$10^0$
durée(sec)	8,211 ( $\pm 1,226$ )	8,336 ( $\pm 1,245$ )	7,824 ( $\pm 1,426$ )
dépl-poignet(cm)	31,697 ( $\pm 1,368$ )	31,646 ( $\pm 0,651$ )	31,491 ( $\pm 0,559$ )
dépl-doigts(cm)	31,706 ( $\pm 1,201$ )	31,952 ( $\pm 0,513$ )	32,086 ( $\pm 0,663$ )

Les figures 16 à 28 présentent, selon l'ordre établi pour les articulations (tête, tronc, épaule, coude et poignet), les résultats d'analyses de variance significatives de certaines variables dépendantes (moyenne d'angles globale, angle maximum, angle minimum et moyenne d'angles par phase).

Tête. L'angle de la tête (moy-glo) n'est globalement pas affecté par l'inclinaison du plan de travail ( $F = 1,01$ ;  $dl = 2, 10$ ; n.s.); aucun résultat significatif n'apparaît pour les autres variables globales (max-max, moy-max, max-min, moy-min).

L'analyse de variance montre un effet significatif des bornes de phase sur l'angle de la tête ( $F = 9,28$ ;  $dl = 3,15$ ;  $p < 0,05$ ); ainsi on remarque à la figure 16 une augmentation de l'angle de la tête à chacune des bornes de phase de la couture.

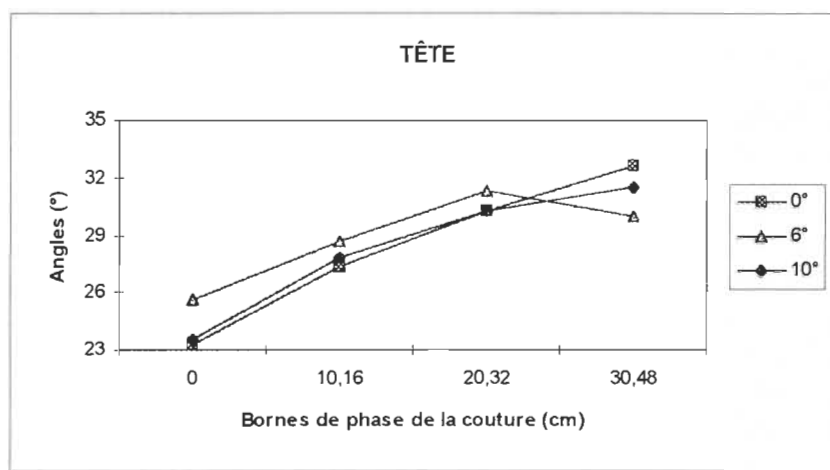


Figure 16. Angle moyen de la tête (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture.

Tronc. La flexion du tronc (moy-glo) diminue significativement avec l'augmentation de l'inclinaison du plan de travail ( $F = 16,26$ ;  $dl = 2,10$ ;  $p < 0,05$ ). Ce résultat suit les mêmes tendances que celles obtenues des autres variables globales moy-max ( $F = 32,76$ ;  $dl = 2,10$ ;  $p < 0,05$ ), max-max ( $F = 6,29$ ;  $dl = 2,10$ ;  $p < 0,05$ ) et moy-min ( $F = 5,01$ ;  $dl = 2,10$ ;  $p < 0,05$ ). Les figures 17,18 et 19 montrent respectivement les variables de la moyenne d'angles globale, de l'angle maximum et l'angle minimum, selon l'inclinaison du plan de travail.

Quant à l'effet des bornes de phase de la couture, l'analyse de plan Ar X Br montre une augmentation significative de la flexion du tronc ( $F = 20,33$ ;



$dl = 2,10$ ;  $p < 0,05$ ), illustrée à la figure 20. L'interaction inclinaison-borne, reflétant le bénéfice croissant de l'inclinaison d'une borne de phase à l'autre, est significative ( $F = 10,81$ ;  $dl = 6,30$ ;  $p < 0,05$ ); mais sa faible grandeur (le carré moyen associé à cette interaction est du même ordre que les carrés moyens d'erreur individuels associés aux bornes de phase de la couture ou pour l'inclinaison) nous incite à l'ignorer simplement.

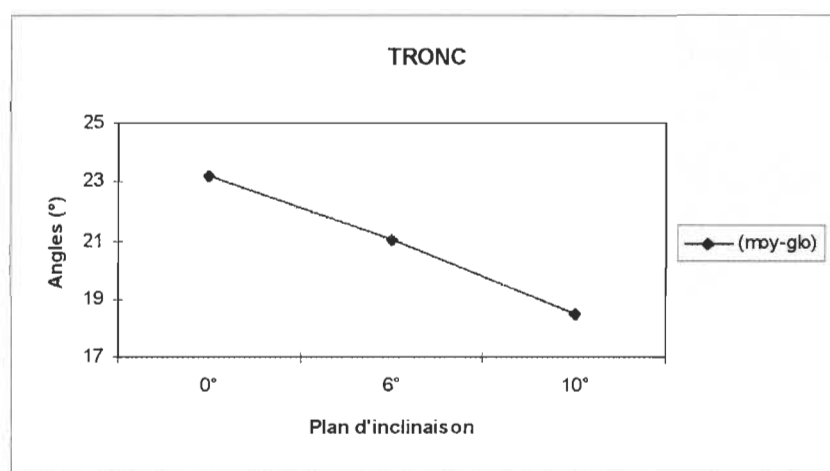


Figure 17. Angle moyen (moy-glo) du tronc.

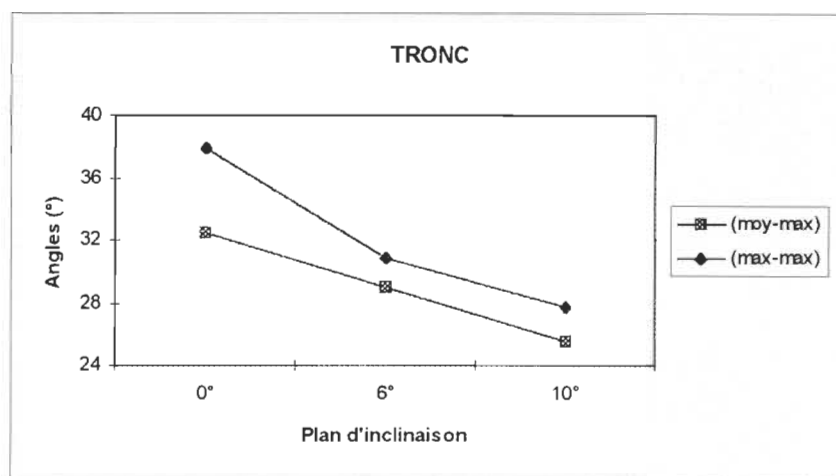


Figure 18. Angle (moy-max et max-max) du tronc.

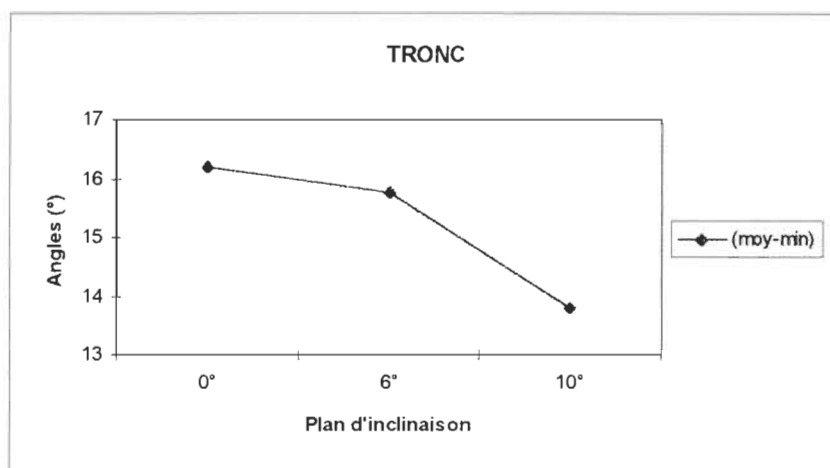


Figure 19. Angle minimum (moy-min) du tronc.

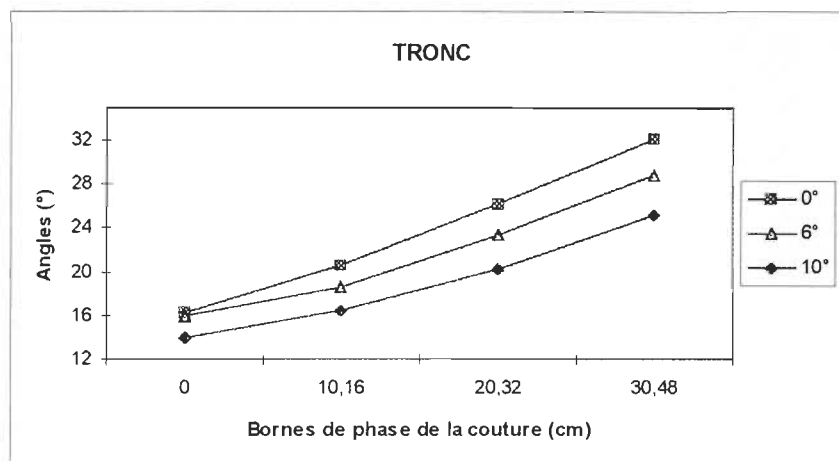


Figure 20. Angle moyen du tronc (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture.

Épaule. L'angle de l'épaule (moy-glo) n'est globalement pas affecté par l'inclinaison du plan de travail ( $F = 2,67$ ;  $dl = 2,10$ ; n.s.). Aucun résultat significatif n'apparaît pour la variable globale moy-min. Par contre, en ce qui concerne l'effet de l'inclinaison du plan de travail, on retrouve une diminution significative ( $F = 5,84$ ;  $dl = 2,10$ ;  $p < 0,05$ ) pour la variable max-min (figure 21) de l'épaule et inversement, une augmentation significative pour la variable globale moy-max ( $F = 13,37$ ;  $dl = 2,10$ ;  $p < 0,05$ ) et aussi pour la variable globale max-max ( $F = 12,75$ ;  $dl = 2,10$ ;  $p < 0,05$ ), (figure 22).

L'analyse de variance montre un effet significatif des bornes de phase de la couture, sur l'angle de l'épaule ( $F = 93,80$ ;  $dl = 3,15$ ;  $p < 0,05$ ). Ainsi on remarque à la figure 23 une augmentation de l'angle de l'épaule à chacune des bornes de phase de la couture.

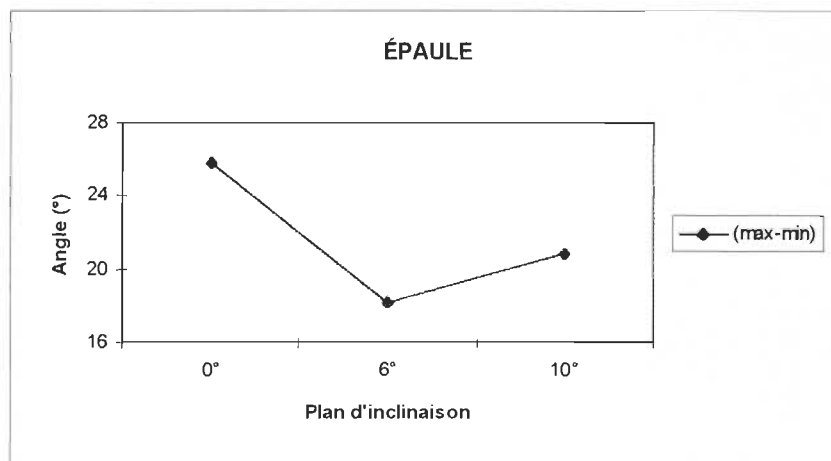


Figure 21. Angle minimum (max-min) de l'épaule.

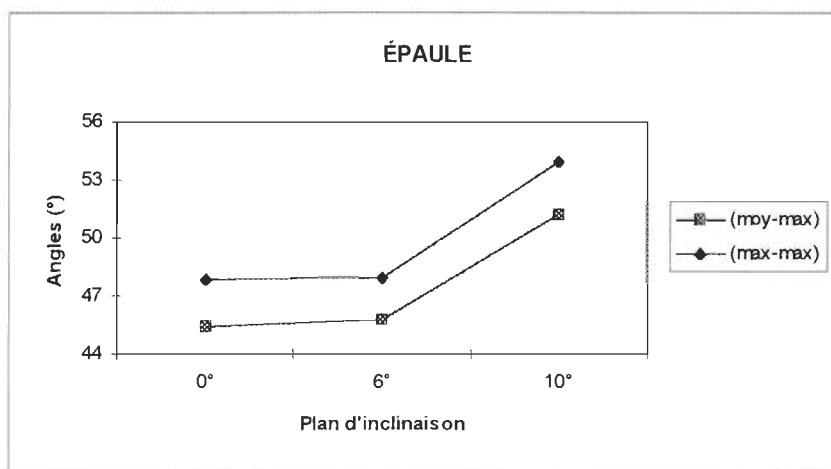
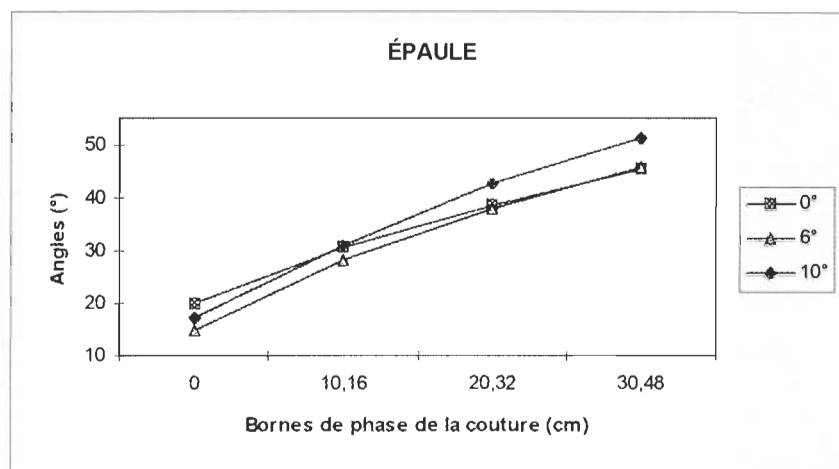


Figure 22. Angle maximum (max-max et moy-max) de l'épaule.



**Figure 23.** Angle moyen de l'épaule (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture.

**Coude.** L'angle du coude (moy-glo) n'est globalement pas affecté par l'inclinaison du plan de travail ( $F = 1,77$ ;  $dl = 2,10$ ; n.s.). Aucun résultat significatif n'apparaît pour la variable maximum (moy-max et max-max). Par contre, on retrouve à la figure 24 une diminution significative de l'angle minimum, pour la variable moy-min ( $F = 5,91$ ;  $dl = 2,10$ ;  $p < 0,05$ ) et la variable max-min ( $F = 4,18$ ;  $dl = 2,10$ ;  $p < 0,05$ ), en fonction de l'inclinaison de la table de travail.

L'analyse de variance montre un effet significatif des bornes de phase de la couture sur l'angle du coude ( $F = 56,44$ ;  $dl = 3,15$ ;  $p < 0,05$ ). Ainsi on remarque à la figure 25, une augmentation de l'angle du coude d'une borne à l'autre, i.e. à mesure que s'éloigne la pièce de tissu.

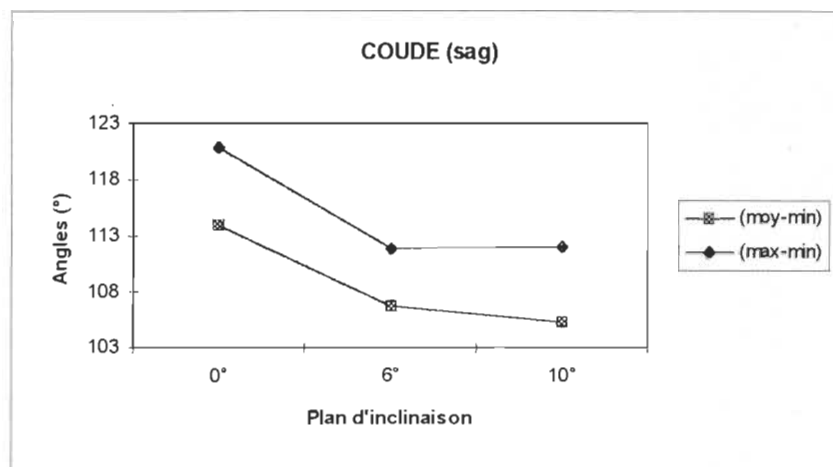


Figure 24. Angle minimum (max-min et moy-min) du coude.

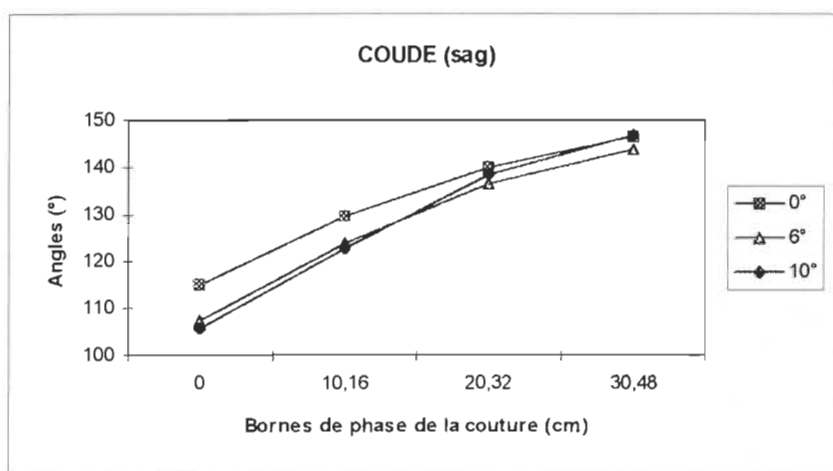


Figure 25. Angle moyen du coude (sag) (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture.

Coude (hor). L'analyse de variance montre un effet significatif des bornes de phase de la couture sur l'angle du coude (hor) ( $F = 8,65$ ;  $dl = 3,15$ ;  $P < 0,05$ ). On remarque à la figure 26, une augmentation de l'angle du coude d'une borne à l'autre, i.e. à mesure que s'éloigne la pièce de tissu.

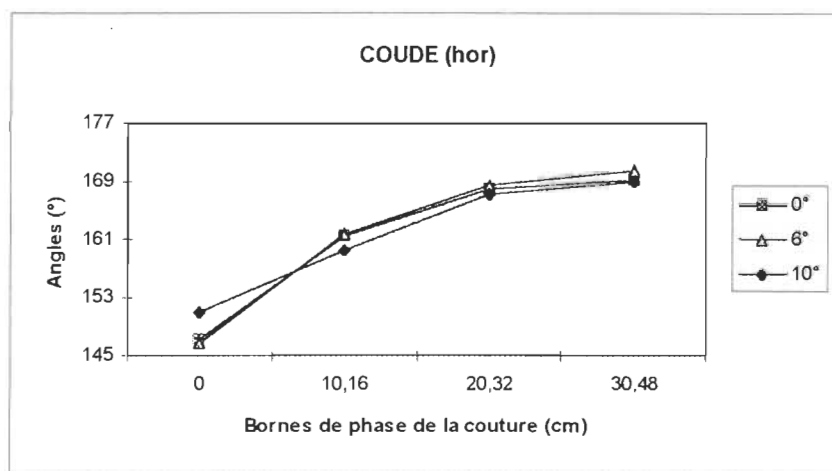


Figure 26. Angle moyen du coude (hor) (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture.

Poignet. L'angle du poignet (moy-glo) n'est globalement pas affecté par l'inclinaison du plan de travail ( $F = 1,23$ ;  $dl = 2,10$ ; n.s.); aucun résultat significatif n'apparaît pour les autres variables globales (max-max, moy-max, max-min, moy-min).

L'analyse de variance montre un effet significatif des bornes de phase de la couture sur l'angle du poignet ( $F = 9,76$ ;  $dl = 3,15$ ;  $p < 0,05$ ). Ainsi on remarque à la figure 27, une diminution de l'angle du poignet d'une borne à l'autre, selon l'éloignement de la pièce de tissu.

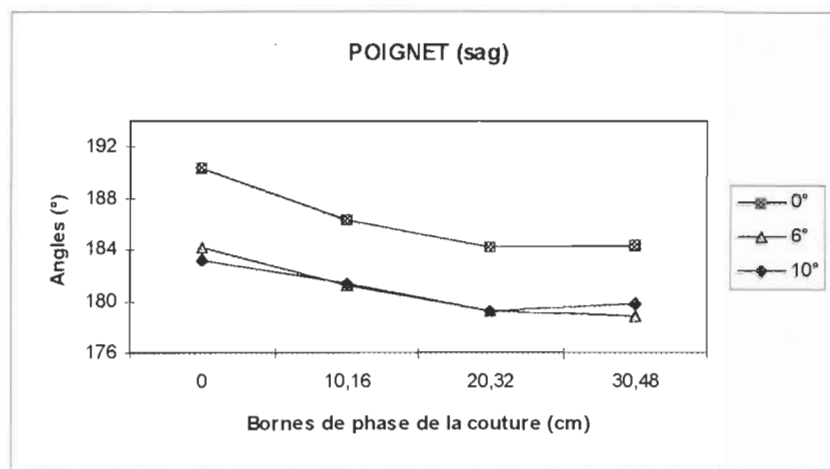


Figure 27. Angle moyen du poignet (sag) (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture.

Poignet (hor). L'angle du poignet (moy-glo) n'est globalement pas affecté par l'inclinaison du plan de travail ( $F = 0,18$ ;  $df = 2,10$ ; n.s.). Aucun résultat significatif n'apparaît pour les autres variables.

L'analyse de variance montre un effet significatif des bornes de phase de la couture sur l'angle (horizontale) du poignet ( $F = 20,83$ ;  $df = 3,15$ ;  $p < 0,05$ ). Ainsi, on remarque à la figure 28, une diminution de l'angle du poignet d'une borne à l'autre, selon l'éloignement de la pièce de tissu.



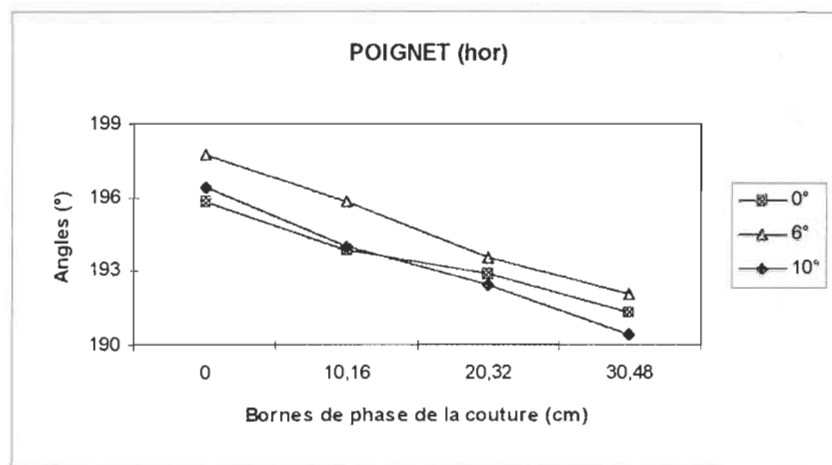


Figure 28. Angle moyen du poignet (hor) (moy-borne) selon l'inclinaison du plan de travail et les bornes de phase de la couture.

## CHAPITRE V

### Discussion

Le but premier de la présente recherche était de comparer certains paramètres biomécaniques de sujets en laboratoire lors de l'exécution d'une tâche de couturière, selon l'inclinaison de la table de travail.

Les résultats obtenus confirment d'une part, une diminution significative de la flexion du tronc lors de l'inclinaison de la table de travail à 0°, 6° et 10° ainsi qu'une diminution significative de l'extension du poignet selon les bornes de phase de la couture. D'autre part, on retrouve une augmentation significative de la flexion de la tête, de l'extension de l'épaule (bras) et du coude aux bornes de phase de la couture lors de l'éloignement de la pièce de tissu. On retrouve également d'autres effets significatifs sur divers déplacements angulaires suite aux analyses de variance à plans Ar et Ar X Br.

Le présent chapitre traitera donc de l'interprétation des résultats obtenus, en les comparant parfois avec d'autres études similaires. De même, nous emploierons la variable (moy-glo) pour décrire les plages d'articulation des segments corporels des sujets lors de l'analyse posturale .

### Tête

La figure 16 montre une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de l'angle de la tête selon les phases de couture. Cependant on ne retrouve aucune influence semblable de l'inclinaison des tables de travail sur l'angle de la tête pour les plans de travail à 0°, 6° et 10°. Par contre on remarque que la

différence entre la moyenne d'angles globale (moy-glo) de la tête au plan d'inclinaison à  $10^\circ$  est sensiblement la même que celle au plan d'inclinaison à  $0^\circ$ , soit  $0,09^\circ$ . On peut donc avancer l'idée que l'inclinaison du plan de travail à  $10^\circ$  n'affecte pas la flexion de la tête et que ce sont plutôt les bornes de phase de la couture qui en font varier l'amplitude.

En ce qui concerne l'analyse posturale, Lehman et Stier (1971) ont démontré que pour un travailleur assis, la position la plus confortable de la tête est obtenue quand l'angle formé par la ligne de vision et l'horizontale est de  $32^\circ$  à  $44^\circ$ . Cependant, la flexion de la tête (angle formé par les axes de la tête et du tronc) pour de tels angles de vision est de  $17^\circ$  à  $29^\circ$  dans la position assise. Chaffin (1973) a démontré également que la flexion prolongée de la tête de plus de  $30^\circ$  entraîne des douleurs au niveau du muscle trapèze supérieur ainsi qu'une fatigue au niveau des muscles extenseurs du cou. Ainsi, étant donné les moyennes d'angles globales de la tête pour la durée totale des séquences de couture obtenues à chacun des plans d'inclinaison  $0^\circ$ ,  $6^\circ$  et  $10^\circ$ , on peut présumer que l'angle de la tête se situe à la limite de la zone de confort recommandée.

Notons toutefois que lors de l'enregistrement des bandes vidéo-scopiques, nous avons enrobé de tissu noir la machine à coudre afin de minimiser les reflets des projecteurs. Il est possible que ce revêtement ait augmenté les caractéristiques dimensionnelles de la machine à coudre et diminué aussi le champ de vision du sujet. De plus, compte tenu que les

couleurs foncées ont le pouvoir d'absorber la lumière, il est également possible que l'acuité visuelle des sujets s'en soit trouvée diminuée. Ces contraintes entraînent normalement un rapprochement oeil/tâche, donc une flexion de la tête, afin de rétablir un confort visuel adéquat.

### Tronc

Les figures 17 à 20 montrent un effet significatif ( $p < 0,05$ ) de l'inclinaison de la table de travail sur la flexion du tronc. Nos résultats confirment ceux de Bendix (1984) et Bridger (1988) à l'effet que l'inclinaison du plan de travail diminue l'angle du tronc (flexion). De plus, l'étude de Eastman et Kamon (1976) conclut que pour une tâche de lecture et d'écriture, l'angle du tronc diminue de  $3^\circ$  à chaque augmentation de  $12^\circ$  du plan de travail. Nos résultats démontrent une moyenne d'angles globale (moy-glo) supérieure à  $3^\circ$  soit,  $5^\circ$  pour le plan d'inclinaison à  $10^\circ$ . Nous pouvons donc affirmer que l'inclinaison graduelle du plan de travail favorise le redressement du tronc et que ce sont les bornes de phase de la couture qui font varier l'amplitude de la flexion du tronc.

Pour l'analyse posturale, si l'on prend comme référence la moyenne d'angles globale du tronc pour la durée totale des séquences de couture aux plans d'inclinaison  $0^\circ$ ,  $6^\circ$  et  $10^\circ$ , on retrouve respectivement  $23^\circ$ ,  $21^\circ$  et  $18^\circ$  ( $p < 0,05$ ). Magora (1972) et Chaffin et Andersson (1984) considèrent que la zone de confort du tronc en position assise se situe entre  $0^\circ$  et  $20^\circ$  d'angle, par rapport à la verticale; ils qualifient de flexion modérée un angle entre  $20^\circ$  et  $45^\circ$ , et de très sévère une flexion du tronc plus grande que  $45^\circ$ . Nos résultats se

situent donc dans la zone de confort. En d'autres termes, l'augmentation de l'inclinaison des tables de travail à 6° et à 10° favorise le redressement du tronc et ce, dans une posture plus confortable.

### Épaule

Les figures 21 et 22 montrent une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de l'angle de l'épaule selon l'inclinaison des tables de travail à 0°, 6° et 10° et la figure 23, une augmentation significative de l'angle de l'épaule à chacune des phases de la couture. Toutefois on remarque, pour les plans d'inclinaison à 0°, 6° et 10°, que l'angle maximum (max-max: 48° ; 48° ; 54°, et moy-max: 45° ; 46° ; 51°) varie à peine d'un degré entre les plans d'inclinaison de 6° et 0°. On retrouve également une diminution non significative entre ces mêmes plans (6° et 0°) pour la moyenne d'angles globale (moy-glo: 33° ; 31° ; 35°). Par contre, au plan d'inclinaison de 10°, on remarque que le déplacement linéaire de 30,48 cm de la pièce de tissu semble influencer davantage l'épaule puisqu'en fait, on y retrouve des angles d'extension plus prononcés. Nous pouvons donc avancer l'idée qu'il n'existe pas ou peu de différence dans la moyenne d'angles entre les plans d'inclinaison de la table de travail à 0° et 6°.

L'évaluation posturale pour l'épaule (bras) selon McAtamney et Corlett (1993) se définit comme suit: (a) zone de confort entre 0° et 20°; (b) flexion moyenne entre 20° et 45°; (c) flexion sévère entre 45° et 90°; (d) flexion très sévère au delà de 90°. Ainsi compte tenu de la moyenne d'angles globale (moy-glo) de l'épaule pour toute la durée totale des séquences de couture, on

peut supposer selon ces auteurs que la moyenne des angles de l'épaule se situe dans une plage normale d'articulation et que c'est au plan d'inclinaison à  $6^\circ$  que l'angulation est minimale.

#### Coude (plan sagittal)

La figure 24 montre une diminution significative ( $p < 0,05$ ) de l'angle minimum (moy-min) de l'effet de l'inclinaison des plans de travail à  $0^\circ$ ,  $6^\circ$  et  $10^\circ$ . La figure 25 montre l'augmentation significative de l'angle du coude à chacune des bornes de phase de la couture, reflétant l'éloignement de la pièce de tissu.

Cependant, quoique non significative, on retrouve une diminution de l'angle du coude selon le plan d'inclinaison à  $0^\circ$ ,  $6^\circ$  et  $10^\circ$  respectivement pour la moyenne d'angles par borne à 0,00 cm:  $115^\circ$ ,  $108^\circ$  et  $106^\circ$ ; à 10,16 cm:  $130^\circ$ ,  $124^\circ$  et  $123^\circ$ ; à 20,32 cm:  $140^\circ$ ,  $136^\circ$  et  $139^\circ$ , et à 30,48 cm:  $147^\circ$ ,  $144^\circ$  et  $147^\circ$ . On obtient, pour la moyenne d'angles globale (moy-glo):  $133^\circ$ ,  $128^\circ$  et  $128^\circ$ ; pour l'angle minimum (max-min):  $121^\circ$ ,  $112^\circ$  et  $112^\circ$  et, finalement, pour l'angle maximum (moy-max):  $147^\circ$ ,  $144^\circ$  et  $146^\circ$ .

Nous pouvons donc croire que l'inclinaison des plans de travail réduit quelque peu l'angle du coude, ce plus spécifiquement à  $6^\circ$ , et que ce sont les bornes de phase de la couture qui affectent le plus l'amplitude angulaire du coude.

En ce qui concerne l'analyse posturale, la documentation consultée ne nous permet pas d'établir des critères sélectifs comme pour les articulations précédentes. Cependant, le coude étant l'articulation intermédiaire entre le

bras et l'avant-bras, l'extension maximale "valgus ulnaire" varie habituellement de 170° à 175°. Lors de notre étude, les déplacements angulaires recueillis se retrouvent en deçà de cette limite.

#### Coude (plan horizontal)

Aucun effet significatif de l'inclinaison des tables de travail par rapport à la moyenne d'angles globale du coude n'a été retrouvé. En fait on retrouve peu de différence entre chaque plan d'inclinaison (162,28°, 162,67° et 161,46°).

#### Poignet (plan sagittal)

La figure 27 montre une diminution significative ( $p < 0,05$ ) de la moyenne d'angles globale (moy-glo) du poignet selon les bornes de phase de la couture. Malgré que l'on ne retrouve pas d'effet significatif de l'inclinaison des plans de travail par rapport à la moyenne d'angles globale (moy-glo), on remarque une diminution marquée entre l'inclinaison de 0° et 6°, l'inclinaison à 10° étant similaire à celle de 6° (186°, 181° et 181°). Également, même si l'on note une diminution de la flexion du poignet aux plans 6° et 10°, aucun effet significatif n'a été retrouvé pour l'angle minimum (max-min) 185°, 182° et 181°, ni pour les deux variables d'angle maximum (max-max) 194°, 191° et 190° et (moy-max) 191°, 186° et 185°.

On peut donc présumer que l'inclinaison des plans de travail diminue légèrement la flexion du poignet et que ce sont les bornes de phase de la couture qui en affectent plus l'amplitude.

Selon McAtamney et Corlett (1993), la flexion du poignet effectuée dans

une plage d'articulation entre  $180^\circ$  et  $195^\circ$  est considérée comme étant la zone de confort. On peut en conclure que les résultats obtenus dans la flexion moyenne du poignet se situent près de la position neutre du poignet.

#### Poignet (plan horizontal)

La figure 28 nous montre un effet significatif des bornes de phase de la couture, cependant on ne retrouve aucun effet significatif sur l'inclinaison des plans de travail. De même, la moy-glo ne varie presque pas d'un plan à l'autre ( $193^\circ$ ,  $194^\circ$  et  $193^\circ$ ).

Selon Kapandji (1987), la déviation ulnaire maximale à partir d'une position de référence en pronation se situe entre  $25^\circ$  et  $30^\circ$  ( pour notre étude, il faut ajouter  $180^\circ$ ). Donc la déviation ulnaire en pronation des sujets de la présente étude se situe bien en deçà de la zone maximale à ne pas dépasser.

#### Angles minimum et maximum

De façon globale, on retrouve la valeur minimum d'angle (max-min et moy-min) au début de la première phase de couture et la valeur maximum d'angle (max-max et moy-max) à la fin de la séquence de couture. Cependant, nous avons observé, au cours de l'enregistrement sur vidéo, que certains sujets modifiaient occasionnellement leur posture soit pour: (a) corriger la courbure de la couture; (b) pour régulariser leur vitesse d'exécution; (c) pour voir de plus près le pied de la machine lors d'accrochages (aiguille/tissu). Compte tenu de ces faits, on retrouve donc sporadiquement une valeur d'angle minimum ou maximum disséminée au hasard dans quelques séquences de couture.



Somme toute, l'inclinaison du plan de travail à  $10^0$  par rapport au plan de référence à  $0^0$ , diminue de façon significative l'angle du tronc et, de façon statistiquement non significative, la moyenne d'angles globale (moy-glo) du coude et du poignet dans les plans sagittal et horizontal. Pour la tête (cou), on retrouve sensiblement la même moyenne d'angles globale (moy-glo) sur les trois plans. De même, on retrouve une diminution non significative du temps d'exécution des séquences de couture au plan d'inclinaison de  $10^0$ , diminution d'environ 5%.

L'inclinaison du plan de travail à  $6^0$  par rapport au plan de référence de  $0^0$  diminue de façon significative la flexion du tronc et, de façon statistiquement non significative, la moyenne d'angles globale (moy-glo) de l'épaule, du coude et du poignet dans le plan sagittal.

## CHAPITRE VI

### Conclusion

La majorité des études traitant des opérateurs de machine à coudre ont tenté d'établir un lien entre leur histoire professionnelle et certaines atteintes musculo-squelettiques. La présente étude visait surtout à trouver une solution qui puisse diminuer les atteintes musculo-squelettiques et les maux de dos chez ces mêmes travailleurs.

Ainsi, à partir de l'inclinaison des tables de travail à  $0^{\circ}$ ,  $6^{\circ}$  et  $10^{\circ}$ , nous avons analysé les déplacements angulaires de la tête (cou), du tronc (hanche), de l'épaule (bras), du coude et des poignets durant une opération de couture. Chaque séquence de couture était subdivisée en trois phases délimitées par quatre bornes distinctes situées à 0,00 cm, 10,16 cm, 20,32 cm, et 30,48 cm du pied de l'aiguille de la machine à coudre. Avec l'analyse de variance (ANAVAR), nous avons obtenu des résultats qui démontrent une diminution significative de la flexion du tronc lorsque l'on incline la table de travail à  $6^{\circ}$  puis à  $10^{\circ}$ . On a également retrouvé une diminution significative de l'angle du poignet à chacune des bornes de phase de la couture, soit selon l'éloignement de la pièce de tissu. L'analyse a également démontré une diminution significative de l'angle minimum (moy-min) du coude et (max-min) de l'épaule ainsi que du coude.

Nous avons remarqué à plusieurs reprises une diminution de l'angle des autres articulations selon l'inclinaison des plans de travail, une diminution

statistiquement non significative. De même, nous avons observé une réduction de 5% du temps d'exécution lors d'une séquence de couture (ce qui correspond à 23 minutes par quart de travail) et ce, lorsque le plan de travail est incliné à 10°. Finalement, l'analyse posturale effectuée parallèlement avec cette étude, démontre que l'inclinaison du plan de travail favorise une meilleure posture et ce, à l'intérieur des plages normales d'articulation.

L'interprétation et la généralisation de ces résultats en milieu industriel devront toutefois tenir compte du contexte dans lequel cette étude a été réalisée. Nos opératrices étaient toutes inexpérimentées, effectuaient des coutures sans fil et travaillaient selon leur propre rythme et ce, à un poste de travail ajusté en fonction de leur taille respective. En fait, ces aspects méthodologiques limitent la portée des généralisations mais n'invalident pas pour autant les résultats obtenus dans cette étude.

Nonobstant les réserves précédentes, si l'on veut réduire l'incidence des atteintes musculo-squelettiques et les maux de dos chez les opérateurs de machine à coudre, l'inclinaison du plan de travail à 6° ou 10° semble une solution valable à considérer.

Cependant, il reste encore beaucoup de travail à faire si l'on veut améliorer la "qualité de vie" chez les opérateurs de machine à coudre. On devrait, entre autres, revoir le design des postes de travail afin de pouvoir incliner la surface de travail selon la convenance de l'utilisateur, et également incliner la machine à coudre vers l'arrière afin d'augmenter le champ visuel autour de l'aiguille.

## RÉFÉRENCES

- Armstrong, T. J. et Chaffin, D. B. (1979). Carpal tunnel syndrome and selected personal attributes. Journal of Occupational Medicine, 21(7), 481-485.
- Andersen, H. J. et Gaardboe, O. (1993). Prevalence of persistent neck and upper limb pain in a historical cohort of sewing machine operators. American Journal of Industrial Medicine, 24, 677-700.
- Brain, W., Wright, A. et Wilkson, M. (1947). Spontaneous compression of both median nerves in the carpal tunnel. Lancet, 1, 277-282.
- Bridger, R. S. (1988). Postural adaptation to a sloping chair and work surface. Human Factors, 30(2), 237-247.
- Chaffin, B. D. (1973). Localized muscle fatigue - Definition and measurement. Journal of Occupational Medicine, 15(4), 346-354.
- Chaffin, B. D., et Andersson, G. (1984). Occupational biomechanics (pp. 21-52). New York: John Wiley.
- Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail. (1992). Associations sectorielles paritaires. lésions professionnelles, statistiques, (Tome 13), 1-66.
- Eastman, M. C. et Kamon, E. (1976). Posture and subjective evaluation at flat and slanted desks. Human Factors, 18(1), 15-26.
- Grandjean, E. (1985). Précis d'ergonomie. Paris: Éditions d'Organisation.

- Guay, M. et Chapleau, C. (1993). Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur (2<sup>e</sup> éd.), (pp. 32-71). Montréal: Presses de l'Université de Montréal.
- Kapandji, I. A. (1987). Physiologie articulaire (Tome1), (5<sup>e</sup> éd.). Paris: Maloine S. A.
- Keyserling, M. W. (1986). A computer-aided system to evaluate postural stress in the workplace. American Industrial Hygiene Association Journal, 47, 641-647.
- Laville, A. (1985). Postural stress in high-speed precision work. Ergonomics, 28(1), 229-236.
- Lehman, G. et Stier, F. (1971). Mensch und gerät. Handbuch der gesamten arbeitsmedizin. Urban und Schwarzenberg, 1, 718-788.
- Magora, A. (1972). Investigation of the relation between low back pain and occupation. Physical requirements: Sitting, standing, and weight lifting. Industrial Medicine and Survey, 41(5).
- McAtamney, L. et Corlett, N. E. (1993). Rula: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, 24(2), 91-97.
- Monod, H. (1956). Contributions à l'étude du travail statique. Thèse, Faculté de médecine, Paris.
- Phalen, G. (1966). The carpal tunnel syndrome. Journal of Bone and Joint Surgery, 48A, 211-228.

- Poirier, P., et Guérin, B. L. (1985). Hygiène du travail (pp. 65-120).  
Québec: Le Griffon d'Argile.
- Reynolds, L., et Drury, G. (1994). A file methodology for the control of  
musculoskeletal injuries. Applied Ergonomics, 25(1), 3-16.
- Scherrer, J. (1981). Précis de physiologie du travail (2<sup>e</sup> éd.). Paris: Masson.
- Serratos-Perez, N. J. et Mendiola-Anda, C. (1993). Musculoskeletal disorders  
among male sewing machine operators in shoemaking. Ergonomics,  
36(7), 793-800.
- Spence, A. et Mason, E. (1983). Anatomie et physiologie (pp. 121-216).  
Montréal: Édition du Renouveau Pédagogique.
- Steven, J. L., Hellsing, L. A., Halme, T. et Akerstedt, K. (1994). The effects of  
ergonomically designed school furniture on pupils' attitudes, symptoms  
and behaviour. Applied Ergonomics, 25(5), 299-304.

## ANNEXE A

### Étude de temps et mouvements

Couture: entre-jambe pantalons, 7 points/pouce

Machine: 130      RPM: 7,400      Matériel: 12 oz.

Séquence	Distance	Description	Temps	Cumul
1		prendre morceaux	0,0240	0,0240
2		aligner 2 pièces	0,0216	0,0456
3		positionner pièces	0,0180	0,0636
4	30 cm	couture 30 cm 0,0750	0,1386	
5		aligner 2 pièces	0,0216	0,1602
6		reprendre couture	0,0252	0,1854
7	60cm	couture 30 cm 0,0750	0,2604	
8		aligner 2 pièces	0,0216	0,2820
9		reprendre contrôle	0,0250	0,3070
10	90cm	couture 30 cm 0,0750	0,3820	
11		couper fil	0,0170	0,3990
12		disposer > 60 cm	<u>0,0310</u>	<u>0,4300</u>
Temps: 0.4300    Majoration: 13,5% 0,0581    Temps majoré (min.): 0,4881				

Note: Un sujet devrait donc normalement coudre 983 pantalons/quart de travail (60 min. X 8 hres ÷ 0,4881 = 983,41) pour un rendement de 100%. S'il excède ce pourcentage, le sujet a droit au travail avec bonification.

### ANNEXE B

Moyenne d'angles globale (degrés) des articulations par sujet et par plan d'inclinaison

PLAN SAGITTAL		Sujet 1	Sujet 2	Sujet 3	Sujet 4	Sujet 5	Sujet 6
	0°	33,4	19,5	18,3	21,4	34,0	44,3
<b>TÊTE/ Cou</b>	6°	36,7	12,8	22,1	22,9	35,4	48,3
	10°	34,7	12,7	22,9	22,3	30,8	48,1
	0°	24,5	20,4	22,9	19,3	22,8	29,2
<b>TRONC/ hanche</b>	6°	24,4	18,4	21,0	19,6	20,5	22,2
	10°	21,1	15,1	19,0	17,3	17,8	20,5
	0°	37,2	41,1	41,9	32,9	24,1	23,1
<b>ÉPAULE/ bras</b>	6°	32,1	41,9	38,0	32,6	25,0	19,2
	10°	37,9	40,4	43,7	33,5	35,5	20,7
	0°	144,7	147,8	154,5	125,7	111,4	113,1
<b>COUDE</b>	6°	136,3	148,1	140,9	124,0	109,8	108,1
	10°	138,3	143,1	147,3	118,0	121,1	101,5
	0°	180,5	184,1	161,3	194,1	203,9	191,6
<b>POIGNET</b>	6°	170,4	181,3	164,1	192,4	194,7	181,9
	10°	175,1	178,9	163,0	193,7	182,7	190,9
<b>PLAN HORIZONTAL</b>							
	0°	158,3	167,8	161,6	148,1	158,6	179,3
<b>COUDE</b>	6°	160,4	163,3	160,1	146,0	154,4	191,8
	10°	161,5	162,8	159,9	151,7	152,2	180,8
	0°	190,7	204,3	189,3	180,5	201,7	193,2
<b>POIGNET</b>	6°	201,4	201,1	191,2	183,4	198,1	191,5
	10°	199,7	204,1	190,9	182,3	187,9	193,8





### ANNEXE C

Moyenne pour l'ensemble des variables dépendantes (degrés) par plan d'inclinaison

		0°	6°	10°
<b>MOY-GLO</b>	tête	28,49	30,58	28,58
	tronc	23,18	21,02	18,46*
	épaule	33,39	31,46	35,29
	coude (sag)	132,89	127,86	128,47
	coude (hor)	162,28	162,67	161,46
	poignet (sag)	185,90	182,47	180,72
	poignet (hor)	193,28	194,43	193,11
<b>MOY-MIN</b>	tête	21,95	23,60	22,04
	tronc	16,20	15,78	13,81*
	épaule	19,24	14,58	16,74
	coude (sag)	113,89	106,65	105,27*
	coude (hor)	145,77	145,77	146,74
	poignet (sag)	182,42	176,83	177,21
	poignet (hor)	189,69	190,20	189,40
<b>MAX-MIN</b>	tête	27,07	28,09	28,12
	tronc	21,50	17,68	15,13
	épaule	25,77	18,17	20,89*
	coude (sag)	120,86	111,90	112,01*
	coude (hor)	160,13	158,38	185,38
	poignet (sag)	185,38	181,55	181,48
	poignet (hor)	193,78	195,65	192,81

**ANNEXE C (suite)**

Moyenne pour l'ensemble des variables dépendantes (degrés) par plan d'inclinaison

		0°	6°	10°
<b>MOY-MAX</b>	tête	35,01	34,48	34,14
	tronc	32,50	28,93	25,48*
	épaule	45,42	45,76	51,26*
	coude (sag)	147,03	144,19	146,26
	coude (hor)	172,57	174,24	172,80
	poignet (sag)	191,29	185,90	185,31
	poignet (hor)	197,37	198,94	197,70
<b>MAX-MAX</b>	tête	41,09	40,24	40,34
	tronc	37,87	30,79	27,75*
	épaule	47,89	47,91	53,90*
	coude (sag)	150,93	148,45	151,53
	coude (hor)	179,37	184,96	177,30
	poignet (sag)	194,19	190,61	189,57
	poignet (hor)	201,05	203,69	201,79
<b>DÉPL-POIGNET</b>		31,697	31,646	31,491
<b>DÉPL-DOIGTS</b>		31,706	31,952	32,086
<b>DURÉE</b>		8,211	8,336	7,824
<b>EFFET A</b>	tête	28,35	29,02	28,29
	tronc	23,83	21,73	19,03*
	épaule	33,70	31,72	35,55
	coude (sag)	132,82	127,93	128,52
	poignet (sag)	186,24	180,86	180,88

### ANNEXE C (suite)

Moyenne pour l'ensemble des variables dépendantes (degrés) par plan d'inclinaison

		0°	6°	10°
<b>TÊTE/cou</b>	0 cm	23,31	25,62	23,55
	10,16 cm	27,33	29,16	27,86
	20,32 cm	30,31	31,29	30,28
	30,48 cm	32,43	30,02	31,47
<b>TRONC / hanche</b>	0 cm	16,28	15,94	14,05*
	10,16 cm	20,56	18,69	16,48*
	20,32 cm	26,23	23,36	20,27*
	30,48 cm	32,25	28,93	25,31*
<b>ÉPAULE/bras</b>	0 cm	20,11	14,92	17,17
	10,16 cm	30,66	28,26	31,03
	20,32 cm	38,64	37,92	42,75*
	30,48 cm	45,39	45,76	51,23*
<b>COUDE (SAG)</b>	0 cm	115,00	107,39	105,91*
	10,16 cm	129,57	123,99	122,87
	20,32 cm	140,01	136,41	138,56
	30,48 cm	146,70	143,92	146,75
<b>COUDE (HOR)</b>	0 cm	147,27	146,76	151,03
	10,16 cm	161,46	161,85	159,38
	20,32 cm	168,08	168,39	167,27
	30,48 cm	169,15	170,51	168,91

### ANNEXE C (suite)

Moyenne pour l'ensemble des variables dépendantes (degrés) par plan d'inclinaison

		0°	6°	10°
<b>POIGNET (sag)</b>	0 cm	190,29	184,22	183,15
	10,16 cm	186,21	181,19	181,33
	20,32 cm	184,18	179,25	179,28
	30,48 cm	184,28	178,78	179,76
<b>POIGNET (hor)</b>	0 cm	195,82	197,73	196,44
	10,16 cm	193,82	195,80	194,00
	20,32 cm	192,91	193,56	192,46
	30,48 cm	191,35	192,05	190,43

<b>EFFET B</b>				
Effet des phases par rapport à la moyenne des angles des articulations (degrés)				
	0 cm	10,16 cm	20,32 cm	30,48 cm
<b>TÊTE</b>	24,16	28,12	30,63	31,31*
<b>TRONC</b>	15,42	18,57	23,30	28,83*
<b>ÉPAULE</b>	17,40	29,98	39,77	47,46*
<b>COUDE (sag)</b>	109,43	1258,48	138,33	145,79*
<b>POIGNET (sag)</b>	185,89	182,91	180,90	180,94*

\* effet significatif  $p < 0,05$